




# METHOD FOR IRRADIATING LASER, LASER IRRADIATOR AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

**Patent number:** JP2003257885  
**Publication date:** 2003-09-12  
**Inventor:** TANAKA KOICHIRO; MIYAIRI  
HIDEKAZU; SHIGA AIKO;  
SHIMOMURA AKIHISA; ISOBE  
ATSUO  
**Applicant:** SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
**Classification:**  
**- international:** ***B23K26/073; H01L21/84;***  
***B23K26/06; H01L21/70;*** (IPC1-7):  
H01L21/268; H01L21/20;  
H01L21/265; H01L21/336;  
H01L29/786; H01S3/00  
**- european:** B23K26/073B; B23K26/073F;  
B23K26/073H; H01L21/84  
**Application number:** JP20020256189 20020830  
**Priority number(s):** JP20020256189 20020830;  
JP20010292410 20010925;  
JP20010328371 20011025

**Also published as:**

 EP1304186 (A2)  
 US2003086182  
 EP1304186 (A3)

**Report a data error her**

**Abstract of JP2003257885**

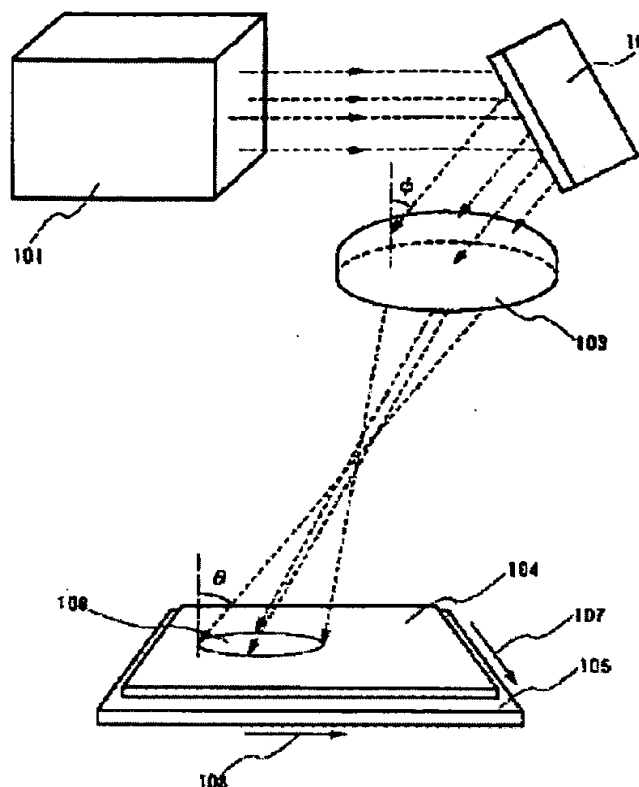
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve a problem that, since an optical system for forming a linear beam is complicated, it is very difficult to adjust the optical system optically and, since a footprint is increased, size of the apparatus is increased and a problem that when a laser light exhibiting a high reflectivity to an article being irradiated is employed, a laser light impinging vertically on the article generates a return light causing variation in the output or frequency

of laser or having an adverse effect of breaking a rod, or the like.

SOLUTION: Since a laser light impinges on a convex lens obliquely to cause aberration, e.g. astigmatism, the laser light has a linear shape on the surface being irradiated or in the vicinity thereof. Because of a very simple arrangement, optical adjustment is facilitated and a compact apparatus is obtained.

Furthermore, since the laser light impinges on the article obliquely, generation of return light can be prevented.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-257885

(P2003-257885A)

(43) 公開日 平成15年9月12日 (2003.9.12)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 21/268		H 0 1 L 21/268	J 5 F 0 5 2
21/20		21/20	5 F 0 7 2
21/265	6 0 2	21/265	6 0 2 C 5 F 1 1 0
21/336		H 0 1 S 3/00	A
29/786		H 0 1 L 29/78	6 2 7 G

審査請求 未請求 請求項の数43 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-256189 (P2002-256189)

(22) 出願日 平成14年8月30日 (2002.8.30)

(31) 優先権主張番号 特願2001-292410 (P2001-292410)

(32) 優先日 平成13年9月25日 (2001.9.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-328371 (P2001-328371)

(32) 優先日 平成13年10月25日 (2001.10.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 田中 幸一郎

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 宮入 秀和

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 志賀 愛子

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

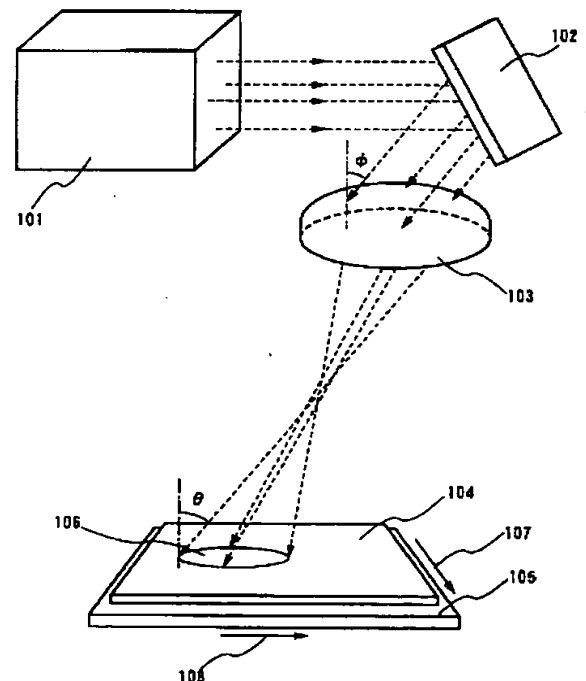
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ照射方法およびレーザ照射装置、並びに半導体装置の作製方法

## (57) 【要約】

【課題】 線状ビームを形成するための光学系は複雑なものになっている。このような光学系に対して光学調整を行うのは非常に困難である上、フットプリントが大きくなるため、装置が大型化するという問題がある。さらに、被照射体に対する反射率が高いレーザ光を用いると、前記レーザ光が被照射体に垂直に入射した場合には戻り光が発生し、レーザの出力や周波数の変動や、ロットの破壊などの悪影響を及ぼす要因となる。

【解決手段】 本発明は、レーザ光を凸レンズに対して斜めに入射することで、非点収差などの収差を生じさせ、照射面またはその近傍におけるレーザ光の形状を線状とすることを特徴とする。本発明は、非常に簡易な構成であるため、光学調整が容易であり、コンパクトな装置となる。さらに、被照射体に対して斜めに入射するため、戻り光を防止することができる。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザと、凸レンズとを有するレーザ照射装置であって、前記凸レンズは前記レーザから射出されるレーザ光に対して斜めに設置されることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2】 レーザと、凸レンズとを有するレーザ照射装置であって、前記凸レンズは前記レーザから射出されるレーザ光に対して斜めに設置され、被照射面は前記凸レンズを経由したレーザ光が前記被照射面に対して斜めに入射されるように設置されることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 3】 レーザと、凸レンズとを有するレーザ照射装置であって、前記凸レンズは前記レーザから射出されるレーザ光に対して斜めに設置され、被照射面は前記凸レンズを経由したレーザ光が前記被照射面に対して斜めに入射されるように設置され、前記凸レンズにより被照射面において前記レーザ光の形状は線状になるように変形されることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 4】 レーザと、凸レンズとを有し、前記凸レンズは前記レーザから射出されるレーザ光に対して斜めに設置され、被照射面は前記凸レンズを経由したレーザ光が前記被照射面に対して斜めに入射されるように設置され、前記凸レンズにより被照射面において前記レーザ光の形状は線状になるように変形されるレーザ照射装置であって、基板上に設置された被照射体に入射する前記レーザ光のビーム長を  $w$ 、前記基板の厚さを  $d$  とすると、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  は、

$$\theta \geq \arctan(w/(2 \times d))$$

を満たすことを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 5】 請求項 4 において、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  がブリュースター角であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、前記凸レンズは、非球面レンズであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 7】 レーザと、ディフラクティブ光学素子とを有するレーザ照射装置であって、前記ディフラクティブ光学素子は前記レーザから射出されるレーザ光が被照射面に対して斜めに入射されるように設置されることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 8】 レーザと、ディフラクティブ光学素子とを有するレーザ照射装置であって、前記ディフラクティブ光学素子は前記レーザから射出されるレーザ光が被照射面に対して斜めに入射されるように設置され、前記ディフラクティブ光学素子により被照射面において前記レーザ光の形状は線状になるように変形されることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 9】 レーザと、ディフラクティブ光学素子とを有し、前記ディフラクティブ光学素子は前記レ

## 2

ーザから射出されるレーザ光が被照射面に対して斜めに入射されるように設置され、前記ディフラクティブ光学素子により被照射面において前記レーザ光の形状は線状になるように変形されるレーザ照射装置であって、基板上に設置された被照射体に入射する前記レーザ光のビーム長を  $w$ 、前記基板の厚さを  $d$  とすると、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  は、  
 $\theta \geq \arctan(w/(2 \times d))$   
 を満たすことを特徴とするレーザ照射装置。

10 【請求項 10】 請求項 9 において、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  がブリュースター角であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 11】 請求項 1 乃至 10 のいずれか一項において、前記レーザは、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 11 のいずれか一項において、前記レーザは、連続発振またはパルス発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAIO<sub>3</sub> レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti:サファイアレーザから選ばれた一種であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 13】 請求項 1 乃至 11 のいずれか一項において、前記レーザは、Ar レーザ、Kr レーザ、CO<sub>2</sub> レーザから選ばれた一種であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 14】 請求項 1 乃至 11 のいずれか一項において、前記レーザは、連続発振またはパルス発振のヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザから選ばれた一種であることを特徴とするレーザ照射装置。

30 【請求項 15】 請求項 1 乃至 14 のいずれか一項において、前記レーザ光は、非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 16】 レーザと、凸レンズとを有し、前記凸レンズは前記レーザから射出されるレーザ光に対して斜めに設置されるレーザ照射装置を用いたレーザ照射方法であって、前記レーザからレーザ光が射出し、前記レーザ光が前記凸レンズに対して斜めに入射し、前記凸レンズにより被照射面において前記レーザ光の形状が線状になるように変形し、前記線状のレーザ光と被照射体を相対的に移動しながら照射することを特徴とするレーザ照射方法。

40 【請求項 17】 レーザと、凸レンズとを有し、前記凸レンズは前記レーザから射出されるレーザ光に対して斜めに設置され、被照射面は前記凸レンズを経由したレーザ光が前記被照射面に対して斜めに入射されるように設置されるレーザ照射装置を用いたレーザ照射方法であって、前記レーザからレーザ光が射出し、前記レーザ光が前記凸レンズに対して斜めに入射し、被照射面は前記凸レンズを経由したレーザ光が前記被照射面に対して斜め

## 3

に入射されるように設置され、前記凸レンズにより被照射面において前記レーザ光の形状が線状になるように変形し、前記線状のレーザ光と被照射体を相対的に移動しながら照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 18】レーザと、凸レンズとを有し、前記凸レンズは前記レーザから射出されるレーザ光に対して斜めに設置され、被照射面は前記凸レンズを経由したレーザ光が前記被照射面に対して斜めに入射されるように設置されるレーザ照射装置を用いたレーザ照射方法であつて、前記レーザからレーザ光が射出し、前記レーザ光が前記凸レンズに対して斜めに入射し、前記凸レンズにより被照射面において前記レーザ光の形状が線状になるように変形し、前記線状のレーザ光と被照射体を相対的に移動しながら照射し、基板上に設置された被照射体に入射する前記レーザ光のビーム長を  $w$ 、前記基板の厚さを  $d$  とすると、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  は、

$$\theta \geq \arctan(w / (2 \times d))$$

を満たすことを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 19】請求項 18 のいずれか一項において、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  がブリュースター角であることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 20】請求項 16 乃至 19 のいずれか一項において、前記凸レンズとして、非球面レンズを用いることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 21】レーザと、ディフラクティブオブティクスとを有し、前記ディフラクティブオブティクスは前記レーザから射出されるレーザ光が被照射面に対して斜めに入射されるように設置されるレーザ照射装置を用いたレーザ照射方法であつて、前記レーザからレーザ光が射出し、前記レーザ光が前記ディフラクティブオブティクスに入射し、前記ディフラクティブオブティクスにより被照射面において前記レーザ光の形状が線状になるように変形し、前記線状のレーザ光と被照射体を相対的に移動しながら照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 22】レーザと、ディフラクティブオブティクスとを有し、前記ディフラクティブオブティクスは前記レーザから射出されるレーザ光が被照射面に対して斜めに入射されるように設置されるレーザ照射装置を用いたレーザ照射方法であつて、前記レーザからレーザ光が射出し、前記レーザ光が前記ディフラクティブオブティクスに入射し、前記ディフラクティブオブティクスにより被照射面において前記レーザ光の形状は線状になるように変形し、前記線状のレーザ光と被照射体を相対的に移動しながら照射し、基板上に設置された被照射体に入射する前記レーザ光のビーム長を  $w$ 、前記基板の厚さを  $d$  とすると、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  は、

$$\theta \geq \arctan(w / (2 \times d))$$

## 4

を満たすことを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 23】請求項 22 において、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角  $\theta$  がブリュースター角であることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 24】請求項 16 乃至 23 のいずれか一項において、前記レーザ光は、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザから発振されたものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 25】請求項 16 乃至 24 のいずれか一項において、前記レーザ光は、連続発振またはパルス発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAlO<sub>3</sub> レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti:サファイアレーザから選ばれた一種から発振されたものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 26】請求項 16 乃至 24 のいずれか一項において、前記レーザ光は、Ar レーザ、Kr レーザ、CO<sub>2</sub> レーザから選ばれた一種から発振されたものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 27】請求項 16 乃至 24 のいずれか一項において、前記レーザ光は、連続発振またはパルス発振のヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザから選ばれた一種から発振されたものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 28】請求項 16 乃至 27 のいずれか一項において、前記レーザ光は、非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 29】基板上に半導体膜を形成し、前記半導体膜とレーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより前記半導体膜を結晶化し、前記結晶化された半導体膜に不純物元素を添加し、前記不純物元素が添加された半導体膜と前記レーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより活性化する半導体装置の作製方法であつて、凸レンズを経由した前記レーザ光の形状が前記半導体膜において線状になるように変形されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 30】基板上に半導体膜を形成し、前記半導体膜とレーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより前記半導体膜を結晶化し、前記結晶化された半導体膜に不純物元素を添加し、前記不純物元素が添加された半導体膜と前記レーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより活性化する半導体装置の作製方法であつて、凸レンズを経由した前記レーザ光の形状が前記半導体膜において線状になるように変形され、かつ前記凸レンズを経由したレーザ光が前記半導体膜に対して斜めに入射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 31】基板上に半導体膜を形成し、前記半導体膜とレーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより前記半導体膜を結晶化し、前記結晶化された半導体膜に不純物元素を添加し、前記不純物元素が添加された

10

20

30

40

50

半導体膜と前記レーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより活性化する半導体装置の作製方法であつて、凸レンズを経由した前記レーザ光の形状が前記半導体膜において線状になるように変形され、かつ前記凸レンズを経由したレーザ光が前記半導体膜に対して斜めに入射し、前記半導体膜に入射する前記レーザ光のビーム長を $w$ 、前記基板の厚さを $d$ とすると、前記半導体膜に対して入射する前記レーザ光の入射角 $\theta$ は、

$$\theta \geq \arctan(w/(2 \times d))$$

を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3 2】請求項 3 1 において、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角 $\theta$ がブリュースター角であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3 3】請求項 2 9 乃至 3 2 のいずれか一項において、前記凸レンズとして、非球面レンズを用いることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3 4】基板上に半導体膜を形成し、前記半導体膜とレーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより前記半導体膜を結晶化し、前記結晶化された半導体膜に不純物元素を添加し、前記不純物元素が添加された半導体膜と前記レーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより活性化する半導体装置の作製方法であつて、ディフラクティブオプティクスを経由した前記レーザ光の形状が前記半導体膜において線状になるように変形されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3 5】基板上に半導体膜を形成し、前記半導体膜とレーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより前記半導体膜を結晶化し、前記結晶化された半導体膜に不純物元素を添加し、前記不純物元素が添加された半導体膜と前記レーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより活性化する半導体装置の作製方法であつて、ディフラクティブオプティクスを経由した前記レーザ光の形状が前記半導体膜において線状になるように変形され、かつ前記ディフラクティブオプティクスを経由したレーザ光が前記半導体膜に対して斜めに入射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3 6】基板上に半導体膜を形成し、前記半導体膜とレーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより前記半導体膜を結晶化し、前記結晶化された半導体膜に不純物元素を添加し、前記不純物元素が添加された半導体膜と前記レーザ光とを相対的に移動しながら照射することにより活性化する半導体装置の作製方法であつて、ディフラクティブオプティクスを経由した前記レーザ光の形状が前記半導体膜において線状になるように変形され、かつ前記ディフラクティブオプティクスを経由したレーザ光が前記半導体膜に対して斜めに入射し、前記半導体膜に入射する前記レーザ光のビーム長を $w$ 、前記基板の厚さを $d$ とすると、前記半導体膜に対して入射する前記レーザ光の入射角 $\theta$ は、

$$\theta \geq \arctan(w/(2 \times d))$$

を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3 7】請求項 3 6 において、前記被照射体に対して入射する前記レーザ光の入射角 $\theta$ がブリュースター角であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3 8】請求項 2 9 乃至 3 7 のいずれか一項において、前記レーザ光は、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザから発振されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

10 【請求項 3 9】請求項 2 9 乃至 3 8 のいずれか一項において、前記レーザ光は、連続発振またはパルス発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAlO<sub>3</sub> レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti : サファイアレーザから選ばれた一種から発振されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4 0】請求項 2 9 乃至 3 8 のいずれか一項において、前記レーザ光は、Ar レーザ、Kr レーザ、CO<sub>2</sub> レーザから選ばれた一種から発振されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

20 【請求項 4 1】請求項 2 9 乃至 3 8 のいずれか一項において、前記レーザ光は、連続発振またはパルス発振のヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザから選ばれた一種から発振されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4 2】請求項 2 9 乃至 4 1 のいずれか一項において、前記レーザ光は、非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

30 【請求項 4 3】請求項 2 9 乃至 4 2 において、前記半導体膜は、珪素を含む膜であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザ光の照射方法およびそれを行うためのレーザ照射装置（レーザと該レーザから出力されるレーザ光を被照射体まで導くための光学系を含む装置）に関する。また、レーザ光の照射を工程に含んで作製された半導体装置の作製方法に関する。なお、ここでいう半導体装置には、液晶表示装置や発光装置等の電気光学装置及び該電気光学装置を部品として含む電子装置も含まれるものとする。

【0002】

【従来の技術】近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された半導体膜に対し、レーザアニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させ結晶性半導体膜を得たり、不純物元素の活性化を行う技術が広く研究されている。なお、本明細書中において、結晶性半導体膜とは、結晶化領域が存在する半導体膜のことを言い、全面が結晶化している半導体膜も含む。

【0003】エキシマレーザ等のパルスレーザ光を、照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ100mm以上の線状となるように光学系にて成形し、レーザ光を移動させて(あるいはレーザ光の照射位置を被照射面に対し相対的に移動させて)アニールを行う方法が生産性が高く工業的に優れている。また、ここでいう「線状」は、厳密な意味で「線」を意味しているのではなく、アスペクト比の大きい長方形(もしくは長楕円形)を意味する。例えば、アスペクト比が2以上(好ましくは10~10000)のもの指す。なお、線状とするのは被照射体に対して十分なアニールを行うためのエネルギー密度を確保するためである。

【0004】図7に、照射面においてレーザ光の形状を線状にするための光学系の構成の例を示す。この構成は極めて一般的なものであり、あらゆる前記光学系は図7の構成に準じている。この構成は、レーザ光の断面形状を線状に変換するだけでなく、同時に、照射面におけるレーザ光のエネルギー均一化を果たすものである。一般にビームのエネルギーの均一化を行う光学系をビームホモジナイザと呼ぶ。

【0005】レーザ71から出たレーザ光は、シリンドリカルアレイレンズ73により、レーザ光の進行方向に対して直角方向に分割される。該方向を本明細書中では、第1の方向と呼ぶことにする。前記第1の方向は、光学系の途中でミラーが入ったとき、前記ミラーが曲げた光の方向に曲がるものとする。この構成では、7分割となっている。その後、シリンドリカルレンズ74にて、レーザ光は照射面79にて1つに合成される。これにより、線状ビームの長尺方向のエネルギーの均一化と長さが決定される。

【0006】次に、図7の側面図について説明する。レーザ71から出たレーザ光は、シリンドリカルアレイレンズ72aと72bにより、レーザ光の進行方向および前記第1の方向に直角方向に分割される。前記方向を本明細書中では、第2の方向と呼ぶことにする。前記第2の方向は、光学系の途中でミラーが入ったとき、前記ミラーが曲げた光の方向に曲がるものとする。この構成では、4分割となっている。これらの分割されたレーザ光は、シリンドリカルアレイレンズ74により、いったん1つのレーザ光にまとめられる。ミラー77で反射され、その後、ダブレットシリンドリカルレンズ78により、照射面79にて再び1つのレーザ光に集光される。ダブレットシリンドリカルレンズとは、2枚のシリンドリカルレンズで構成されているレンズのことを言う。これにより、線状ビームの短尺方向のエネルギー均一化と短尺方向の長さが決定される。

【0007】例えば、レーザ71として、レーザの出口で10mm×30mm(共にビームプロファイルにおける半値幅)であるエキシマレーザを用い、図7に示した構成を持つ光学系により成形すると、照射面79におい

てエネルギー分布の様な125mm×0.4mmの線状ビームとすることができる。

【0008】このとき、上記光学系の母材は例えば全て石英とすれば高い透過率が得られる。また、コーティングは、使用するエキシマレーザの波長に対する透過率が99%以上得られるものを使用すると良い。

【0009】そして、上記の構成で形成された線状ビームをそのレーザ光の短尺方向に徐々にずらしながら重ねて照射することにより、非晶質半導体の全面に対し、レーザアニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させ結晶性半導体膜を得たり、不純物元素の活性化を行うことができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図7で示したように、線状ビームを形成するための光学系は複雑なものになっている。このような光学系に対して光学調整を行うのは非常に困難である上、フットプリントが大きくなるため、装置が大型化するという問題がある。

【0011】さらに、被照射体に対する反射率が高いレーザ光を用いると、前記レーザ光が被照射体に垂直に入射した場合には、被照射体に入射したときと同じ光路を戻る、いわゆる戻り光が発生する。戻り光はレーザの出力や周波数の変動や、ロッドの破壊などの悪影響を及ぼす要因となる。

【0012】そこで本発明は、従来より簡易な光学系を用いて線状ビームを形成し、このような線状ビームを用いて効率良くアニールを行うことのできるレーザ照射装置およびこのようなレーザ照射装置を用いたレーザ照射方法を提供することを課題とする。また、前記レーザ照射方法を工程に含む半導体装置の作製方法を提供することを課題とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、レーザ光を凸レンズに対して斜めに入射することで、非点収差などの収差を生じさせ、照射面またはその近傍におけるレーザ光の形状を線状とすることを特徴とする。

【0014】本明細書で開示するレーザ照射装置に関する発明の構成は、レーザと、前記レーザから射出されたレーザ光の進行方向に対して斜めに設置され、前記レーザ光の形状を照射面またはその近傍において線状にする凸レンズと、を有することを特徴としている。

【0015】また、レーザ照射装置に関する発明の他の構成は、レーザと、前記レーザから射出されたレーザ光の進行方向に対して斜めに設置され、照射面またはその近傍において前記レーザ光の形状を線状にする凸レンズとを有するレーザ照射装置であって、前記レーザから射出され、前記凸レンズを経由したレーザ光が基板上に形成された被照射体に入射するときのビーム幅をw、前記基板の厚さをdとすると、前記レーザ光は前記被照射体

10

20

30

40

50

$$\theta \geq \arctan(w/(2 \times d))$$

を満たす入射角  $\theta$  で入射することを特徴としている。

【0016】上記各構成において、前記レーザは、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザであることを特徴としている。なお、前記固体レーザとしては連続発振またはパルス発振のYAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、YLFレーザ、YAlO<sub>3</sub>レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ等があり、前記気体レーザとしては連続発振またはパルス発振のエキシマレーザ、Arレーザ、Krレーザ、CO<sub>2</sub>レーザ等があり、前記金属レーザとしてはヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザが挙げられる。

【0017】また、上記各構成において、前記レーザ光は、非線形光学素子により高調波に変換されていることが望ましい。例えば、YAGレーザは、基本波として、波長1065nmのレーザ光を出すことで知られている。このレーザ光の珪素膜に対する吸収係数は非常に低く、このままでは半導体膜の1つである非晶質珪素膜の結晶化を行うことは技術的に困難である。ところが、このレーザ光は非線形光学素子を用いることにより、より短波長に変換することができ、高調波として、第2高調波(532nm)、第3高調波(355nm)、第4高調波(266nm)、第5高調波(213nm)が挙げられる。これらの高調波は非晶質珪素膜に対し吸収係数が高いので、非晶質珪素膜の結晶化に用いる事ができる。

【0018】また、上記各構成において、前記凸レンズは、非球面レンズであることを特徴としている。さらに、凸レンズとしてメニスカス、両凸レンズ、平凸レンズなどが挙げられるが、本発明における凸レンズはこれらのうちのいずれのレンズでもよいし、レーザ光の入射面を凸レンズの2面のうちどちらの面としてもよい。

【0019】また、上記構成において、前記基板は、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。前記ガラス基板として、バリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板が挙げられる。また、可撓性基板とは、PET、PES、PEN、アクリルなどからなるフィルム状の基板のことであり、可撓性基板を用いて半導体装置を作製すれば、軽量化が見込まれる。可撓性基板の表面、または表面および裏面にアルミ膜(AlON、AlN、AlOなど)、炭素膜(DLC(ダイヤモンドライクカーボン)など)、SiNなどのバリア層を単層または多層にして形成すれば、耐久性などが向上するので望ましい。

【0020】また、本明細書で開示するレーザ照射方法に関する発明の構成は、レーザ光の進行方向に対して斜めに設置された凸レンズにより、照射面またはその近傍

において線状ビームを形成し、前記線状ビームを被照射体に対して相対的に移動しながら照射することを特徴としている。

【0021】また、レーザ照射方法に関する発明の他の構成は、レーザ光の進行方向に対して斜めに設置された凸レンズにより、照射面またはその近傍において線状ビームを形成し、前記線状ビームが基板上に形成された被照射体に入射するときのビーム幅をw、前記基板の厚さをdとすると、前記線状ビームは前記被照射体に対して、

$$\theta \geq \arctan(w/(2 \times d))$$

を満たす入射角  $\theta$  で入射し、前記線状ビームを前記被照射体に対して相対的に移動しながら照射することを特徴としている。

【0022】上記各構成において、前記レーザは、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザであることを特徴としている。なお、前記固体レーザとしては連続発振またはパルス発振のYAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、YLFレーザ、YAlO<sub>3</sub>レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ等があり、前記気体レーザとしては連続発振またはパルス発振のエキシマレーザ、Arレーザ、Krレーザ、CO<sub>2</sub>レーザ等があり、前記金属レーザとしてはヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等が挙げられる。

【0023】また、上記各構成において、前記レーザ光は、非線形光学素子により高調波に変換されていることが望ましい。

【0024】また、上記各構成において、前記凸レンズは、非球面レンズであることを特徴としている。さらに、凸レンズとしてメニスカス、両凸レンズ、平凸レンズなどが挙げられるが、本発明における凸レンズはこれらのうちのいずれのレンズでもよいし、レーザ光の入射面を凸レンズの2面のうちどちらの面としてもよい。

【0025】また、上記構成において、前記基板は、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。

【0026】また、本明細書で開示する半導体装置の作製方法に関する発明の構成は、レーザ光の進行方向に対して斜めに設置された凸レンズにより、照射面またはその近傍において線状ビームを形成し、前記線状ビームを半導体膜に対して相対的に移動しながら照射することを特徴としている。

【0027】また、半導体装置の作製方法に関する発明の他の構成は、レーザ光の進行方向に対して斜めに設置された凸レンズにより、照射面またはその近傍において線状ビームを形成し、前記線状ビームが基板上に形成された半導体膜に入射するときのビーム幅をw、前記基板の厚さをdとすると、前記線状ビームは前記半導体膜に



対して、

$$\theta \geq \arctan(w/(2 \times d))$$

を満たす入射角  $\theta$  で入射し、前記線状ビームを前記半導体膜に対して相対的に移動しながら照射することを特徴としている。

【0028】上記各構成において、前記レーザは、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザであることを特徴としている。なお、前記固体レーザとしては連続発振またはパルス発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAlO<sub>3</sub> レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti:サファイアレーザ等があり、前記気体レーザとしては連続発振またはパルス発振のエキシマレーザ、Ar レーザ、Kr レーザ、CO<sub>2</sub> レーザ等があり、前記金属レーザとしてはヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等が挙げられる。

【0029】また、上記各構成において、前記レーザ光は、非線形光学素子により高調波に変換されていることが望ましい。

【0030】また、上記各構成において、前記凸レンズは、非球面レンズであることを特徴としている。さらに、凸レンズとしてメニスカス、両凸レンズ、平凸レンズなどが挙げられるが、本発明における凸レンズはこれらのうちのいずれのレンズでもよいし、レーザ光の入射面を凸レンズの2面のうちのどちらの面としてもよい。

【0031】また、上記構成において、前記基板は、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。

【0032】また、上記各構成において、前記半導体膜は、珪素を含む膜であることが望ましい。

【0033】本発明は、非常に簡易な構成であるため、光学調整が容易であり、コンパクトな装置となる。また、複数のレーザ光を用いて照射する場合においても、光学系が簡易であるため、容易に全てのレーザ光の形状を同一のものとするを可能とする。一様なアニールを行うために、複数のレーザ光の形状を同一なものとするは大変重要なことである。このような複数のレーザ光を用いて大面積基板に照射すれば、スループットを向上させることを可能とする。また、このような複数のレーザ光を合成して用いることもできる。さらに、本発明は被照射体に対して斜めに入射するため、戻り光を防止することができ、アイソレータを設置する必要性がないため、より簡易な構成となっている。そのため、コストの低減を実現できる。また、基板上に形成されている半導体膜に対して、効率良く照射することができ、このような半導体膜を用いて作製された TFT の電気的特性のばらつきを低減することを可能とする。そして、このような TFT から作製された半導体装置の動作特性および信頼性をも向上し得る。

【0034】

【発明の実施の形態】本実施形態では、線状ビームを形成する方法について図1および図2を用いて説明する。

【0035】レーザ101から射出されたレーザ光は、ミラー102を経由して、凸レンズ103に入射する。ここで、レーザ101として、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザを用いる。なお、前記固体レーザとしては、連続発振またはパルス発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAlO<sub>3</sub> レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti:サファイアレーザ等があり、前記気体レーザとしては連続発振またはパルス発振のエキシマレーザ、Ar レーザ、Kr レーザ、CO<sub>2</sub> レーザ等があり、前記金属レーザとしてはヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等が挙げられる。そして、レーザ101から発振されるレーザ光は非線形光学素子により高調波に変換してもよい。また、レーザ101とミラー102との間、またはミラー102と凸レンズ103との間にビームエキスパンダーを設置して長尺方向および短尺方向ともにそれぞれ所望の大きさに拡大してもよい。ビームエキスパンダーはレーザから射出されたレーザ光の形状が小さい場合に特に有効である。また、ミラーは設置しなくても良いし、複数設置してもよい。

【0036】レーザ光は凸レンズ103に対して斜めに入射させる。このようにすることで、非点収差などの収差により焦点位置がずれ、照射面またはその近傍において線状ビーム106を形成することができる。なお、凸レンズ103は合成石英ガラス製とすれば、高い透過率が得られるので望ましい。また、凸レンズ103の表面に施されているコーティングは、使用するレーザ光の波長に対する透過率が99%以上得られるものを使用するのが望ましい。また、凸レンズは球面収差を補正した非球面レンズとするのが望ましい。非球面レンズを用いれば、集光性がよくなり、アスペクト比の向上やエネルギー密度の分布が向上する。

【0037】そして、このようにして形成される線状ビーム106を照射しながら、例えば107で示す方向または108、109で示す方向に被照射体104に対して相対的に移動することで、被照射体104において所望の領域または全面を照射することができる。相対的に移動するとは、例を挙げると、ステージに配置されている非照射体を操作することをいう。

【0038】しかしながら、レーザ光の波長によっては、被照射体104の表面での反射光と、被照射体104が形成されている基板105の裏面での反射光とで干渉してしまう場合がある。図2に被照射体104として、基板10上に半導体膜11を形成する例を示す。半導体膜11での反射光14と基板10の裏面での反射光13とが重ならなければ、これらの光による干渉は起こ

らない。

【0039】この場合、照射面に垂直な平面であって、かつ前記長いビームの形状を長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザー光の入射角度 $\theta$ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さが $W$ 、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザー光に対して透光性を有する基板の厚さが $d$ であるとき、 $\theta \geq \arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。ここで $W$ は被照射体に入射するときのビーム長さ $w_1$ 、基板10の裏面での反射光のビーム長が $w_2$ であるとき、 $W = (w_1 + w_2) / 2$ である。なお、レーザー光の軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度を $\phi$ とする。この入射角度 $\theta$ でレーザー光が入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザー光の照射を行うことができる。また、被照射体に対する入射角 $\theta$ をブリュースター角とすれば反射率が最も低くなるので、レーザー光を効率的に用いることができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、線状ビームの長手方向の両端のエネルギーは減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。

【0040】また、被照射体の表面に、反射防止膜が形成されていてもよい。

【0041】このようなレーザー照射装置を用いて半導体膜のアニールを行えば、該半導体膜を結晶化させたり、結晶性を向上させて結晶性半導体膜を得たり、不純物元素の活性化を行うことができる。

【0042】なお、レーザーから射出されたレーザー光の種類によってレーザー光の形状は異なり、光学系によって成形しても元の形状の影響を受けやすい。例えば、XeClエキシマレーザーから射出されたレーザー光の形状は、矩形状であり、固体レーザーから射出されたレーザー光の形状は、ロッド形状が円筒形であれば円状となり、スラブ型であれば矩形状である。いずれの形状においても、本発明を適用することは可能である。

【0043】以上の構成でなる本発明について、以下に示す実施例によりさらに詳細な説明を行うこととする。

#### 【0044】

【実施例】【実施例1】本実施例では、本発明により形成される線状ビームについてシミュレーションを行った例について図1および図3を用いて説明する。

【0045】レーザー101として、YAGレーザーを用いる。レーザー101から発振されるレーザー光は、レーザー101の中に含まれる非線形光学素子により第2高調波に変換されているとする。このときレーザー光は、TEM<sub>00</sub>モード、ビーム径2.25mm、拡がり角0.35mrad

$d$ であるとする。

【0046】次いで、焦点距離20mmの凸レンズ103に対して入射角 $\phi$ を20度として入射させる。そして、本実施例1においては凸レンズに対して平行に配置した照射面において、形成されるレーザー光の形状についてシミュレーションを行った。その結果を図3に示す。図3より、照射面において、長さ420 $\mu$ m、幅40 $\mu$ mの線状ビームが形成されることがわかる。またその線状ビームのエネルギー密度の分布は、ガウシアン分布である。

【0047】このシミュレーションの結果により、本発明により照射面またはその近傍において線状ビームが形成されることが確認できた。そして、このようなレーザー照射装置を用いて半導体膜のアニールを行えば、該半導体膜を結晶化させたり、結晶性を向上させて結晶性半導体膜を得たり、不純物元素の活性化を行うことができる。

【0048】【実施例2】本実施例では、複数のレーザーを用いてレーザー光の照射を行う例について図4を用いて説明する。

【0049】レーザー111a~111cとして、YAGレーザーを用い、非線形光学素子により第2高調波に変換する。そして、レーザー111a~111cから射出されたそれぞれのレーザー光はミラー112a~112cを経由した後、凸レンズ113a~113cに対して斜めに入射する。斜めに入射することで、非点収差などの収差により焦点位置がずれ、照射面またはその近傍において線状ビームを形成することができる。また、凸レンズは非球面レンズを用いるのが望ましい。

【0050】なお、レーザー111a~111cとミラー112a~112cとの間、またはミラー112a~112cと凸レンズ113a~113cとの間にビームエキスパンダーを設置して長尺方向および短尺方向ともにそれぞれ所望の大きさに拡大してもよい。また、ミラーは設置しなくても良いし、複数設置してもよい。

【0051】そして、このようにして形成される線状ビームを照射しながら、例えば107で示す方向または108、109で示す方向に被照射体104に対して相対的に移動することで、被照射体104において所望の領域または全面を照射することができる。

【0052】本発明は線状ビームを形成するための光学系が非常に簡易な構成であるため、複数のレーザー光を照射面において同一の形状の線状ビームとすることも容易である。そのため、どの線状ビームが照射した領域においても同一のアニールが行われるため被照射体の全面が一様な物性となり、スループットが向上する。

【0053】なお、本実施例では、レーザーを3つ用いる例を挙げているが、レーザーの数はこれに限定しないし、同じレーザーを用いなくても良い。例えば、複数の異なるレーザーを用い、所望の領域を所望のレーザーによって照射

して、異なる物性を有する半導体膜を形成し、異なる特性を有するTFTを同一基板上に作製することも可能である。

【0054】〔実施例3〕本実施例では、複数のレーザを用いて被照射体の両側からレーザ光の照射を行う例について図5を用いて説明する。

【0055】レーザ121a、121bとして、連続発振のYVO<sub>4</sub>レーザを用い、非線形光学素子により第2高調波に変換する。そして、レーザ121a、121bから射出されたそれぞれのレーザ光はミラー122a、122bを経由した後、凸レンズ123a、123bに対して斜めに入射する。斜めに入射することで、非点収差などの収差により焦点位置がずれ、照射面またはその近傍において線状ビームを形成することができる。また、凸レンズは非球面レンズを用いるのが望ましい。

【0056】なお、レーザ121a、121bとミラー122a、122bとの間、またはミラー122a、122bと凸レンズ123a、123bとの間にビームエキスパンダーを設置して長尺方向および短尺方向ともにそれぞれ所望の大きさに拡大してもよい。また、ミラーは設置しなくても良いし、複数設置してもよい。

【0057】そして、このようにして形成される線状ビームを照射しながら、例えば107で示す方向または108、109で示す方向に被照射体104に対して相対的に移動することで、被照射体104において所望の領域または全面を照射することができる。

【0058】本発明は線状ビームを形成するための光学系が非常に簡易な構成であるため、複数のレーザ光を照射面において同一の形状の線状ビームとすることも容易である。そのため、複数の線状ビームを重ね合わせることも容易に行うことができる。これは、被照射体によっては出力の低いレーザを用いる場合であっても、本実施例にしたがえば十分適用することが可能である。

【0059】なお、本実施例では、レーザを2つ用いる例を挙げているが、レーザの数はこれに限定しないし、異なるレーザを用いて照射しても良い。

【0060】また、本実施例は実施例2と組み合わせることが可能である。

【0061】〔実施例4〕本実施例では、複数のレーザを用いて被照射体の表面において重ね合わせてレーザ光の照射を行う例について図6を用いて説明する。

【0062】レーザ131a、131bとして、連続発振のYLFレーザを用い、非線形光学素子により第3高調波に変換する。そして、レーザ131a、131bから射出されたそれぞれのレーザ光は凸レンズ133a、133bに対して斜めに入射する。斜めに入射することで、非点収差などの収差により焦点位置がずれ、照射面またはその近傍において線状ビームを形成することができる。また、凸レンズは非球面レンズを用いるのが望ましい。

【0063】なお、レーザ131a、131bと凸レンズ133a、133bとの間にビームエキスパンダーを設置して長尺方向および短尺方向ともにそれぞれ所望の大きさに拡大してもよい。また、ミラーは設置しなくても良いし、複数設置してもよい。

【0064】そして、このようにして形成される線状ビームを照射しながら、例えば107で示す方向または108、109で示す方向に被照射体104に対して相対的に移動することで、被照射体104において所望の領域または全面を照射することができる。

【0065】本発明は線状ビームを形成するための光学系が非常に簡易な構成であるため、複数のレーザ光を照射面において同一の形状の線状ビームとすることも容易である。そのため、複数の線状ビームを重ね合わせることも容易に行うことができる。これは、被照射体によっては出力の低いレーザを用いる場合であっても、本実施例にしたがえば十分適用することが可能である。

【0066】なお、本実施例では、レーザを2つ用いる例を挙げているが、レーザの数はこれに限定しないし、異なる複数のレーザを用いてもよい。また、レーザを照射面上にて合成しているが、合成した後、光学系により線状ビームを形成してもよい。

【0067】なお、本実施例は、実施例2または実施例3と自由に組み合わせることが可能である。

【0068】〔実施例5〕本実施例ではアクティブマトリクス基板の作製方法について図8～図11を用いて説明する。本明細書ではCMOS回路、及び駆動回路と、画素TFT、保持容量とを有する画素部を同一基板上に形成された基板を、便宜上アクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0069】まず、本実施例ではバリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板400を用いる。なお、基板400としては、石英基板やシリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものをを用いても良い。また、本実施例の処理温度に耐えうる耐熱性が有するプラスチック基板を用いてもよいし、可撓性基板を用いても良い。なお、本発明はエネルギー分布が同一である線状ビームを容易に形成できるので、複数の線状ビームにより大面積基板を効率良くアニールすることが可能である。

【0070】次いで、基板400上に酸化珪素膜、窒化珪素膜または酸化窒化珪素膜などの絶縁膜から成る下地膜401を公知の手段により形成する。本実施例では下地膜401として2層構造を用いるが、前記絶縁膜の単層膜または2層以上積層させた構造を用いても良い。

【0071】次いで、下地膜上に半導体膜を形成する。半導体膜は公知の手段（スパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等）により25～200nm（好ましくは30～150nm）の厚さで半導体膜を成膜

し、レーザ結晶化法により結晶化させる。レーザ結晶化法は、実施例 1 乃至 4 のいずれか一、またはこれらの実施例を自由に組み合わせて、レーザ光を半導体膜に照射する。用いるレーザは、連続発振またはパルス発振の固体レーザまたは気体レーザまたは金属レーザが望ましい。なお、前記固体レーザとしては連続発振またはパルス発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAlO<sub>3</sub> レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti : サファイアレーザ等があり、前記気体レーザとしては連続発振またはパルス発振のエキシマレーザ、Ar レーザ、Kr レーザ、CO<sub>2</sub> レーザ等があり、前記金属レーザとしてはヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザが挙げられる。もちろん、レーザ結晶化法だけでなく、他の公知の結晶化法 (RTA やファーネスアニール炉を用いた熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いた熱結晶化法等) と組み合わせて行ってもよい。前記半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜、結晶性半導体膜などがあり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0072】本実施例では、プラズマ CVD 法を用い、50 nm の非晶質珪素膜を成膜し、この非晶質珪素膜に結晶化を助長する金属元素を用いた熱結晶化法およびレーザ結晶化法を行う。金属元素としてニッケルを用い、溶液塗布法により非晶質珪素膜上に導入した後、550℃で 5 時間の熱処理を行って第 1 の結晶性珪素膜を得る。そして、出力 10 W の連続発振の YVO<sub>4</sub> レーザから射出されたレーザ光を非線形光学素子により第 2 高調波に変換したのち、実施例 1 乃至 4 のいずれか一に示す光学系、またはこれらの実施例を組み合わせた光学系により線状ビームを形成して照射して第 2 の結晶性珪素膜を得る。前記第 1 の結晶性珪素膜にレーザ光を照射して第 2 の結晶性珪素膜とすることで、結晶性が向上する。このときのエネルギー密度は 0.01 ~ 100 MW/cm<sup>2</sup> 程度 (好ましくは 0.1 ~ 10 MW/cm<sup>2</sup>) が必要である。そして、0.5 ~ 2000 cm/s 程度の速度でレーザ光に対して相対的にステージを動かして照射し、結晶性珪素膜を形成する。また、パルス発振のエキシマレーザを用いる場合には、周波数 300 Hz とし、レーザーエネルギー密度を 100 ~ 1000 mJ/cm<sup>2</sup> (代表的には 200 ~ 800 mJ/cm<sup>2</sup>) とするのが望ましい。このとき、レーザ光を 50 ~ 98 % オーバーラップさせても良い。

【0073】もちろん、第 1 の結晶性珪素膜を用いて TFT を作製することもできるが、第 2 の結晶性珪素膜は結晶性が向上しているため、TFT の電気的特性が向上するので望ましい。例えば、第 1 の結晶性珪素膜を用いて TFT を作製すると、移動度は 300 cm<sup>2</sup>/V s 程度であるが、第 2 の結晶性珪素膜を用いて TFT を作製すると、移動度は 500 ~ 600 cm<sup>2</sup>/V s 程度と著

しく向上する。

【0074】このようにして得られた結晶性半導体膜をフォトリソグラフィ法を用いたパターンニング処理により、半導体層 402 ~ 406 を形成する。

【0075】また、半導体層 402 ~ 406 を形成した後、TFT のしきい値を制御するために微量な不純物元素 (ボロンまたはリン) のドーピングを行ってもよい。

【0076】次いで、半導体層 402 ~ 406 を覆うゲート絶縁膜 407 を形成する。ゲート絶縁膜 407 はプラズマ CVD 法またはスパッタ法を用い、厚さを 40 ~ 150 nm とし珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマ CVD 法により 110 nm の厚さで酸化窒化珪素膜を形成する。勿論、ゲート絶縁膜は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0077】また、酸化珪素膜を用いる場合には、プラズマ CVD 法で TEOS (Tetraethyl Orthosilicate) と O<sub>2</sub> とを混合し、反応圧力 40 Pa、基板温度 300 ~ 400℃とし、高周波 (13.56 MHz) 電力密度 0.5 ~ 0.8 W/cm<sup>2</sup> で放電させて形成することができる。このようにして作製される酸化珪素膜は、その後 400 ~ 500℃の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0078】次いで、ゲート絶縁膜 407 上に膜厚 20 ~ 100 nm の第 1 の導電膜 408 と、膜厚 100 ~ 400 nm の第 2 の導電膜 409 とを積層形成する。本実施例では、膜厚 30 nm の TaN 膜からなる第 1 の導電膜 408 と、膜厚 370 nm の W 膜からなる第 2 の導電膜 409 を積層形成する。TaN 膜はスパッタ法で形成し、Ta のターゲットを用い、窒素を含む雰囲気内でスパッタする。また、W 膜は、W のターゲットを用いたスパッタ法で形成した。その他に 6 フッ化タングステン (WF<sub>6</sub>) を用いる熱 CVD 法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必要があり、W 膜の抵抗率は 20 μΩ cm 以下にすることが望ましい。

【0079】なお、本実施例では、第 1 の導電膜 408 を TaN、第 2 の導電膜 409 を W としているが、特に限定されず、いずれも Ta、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Nd から選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu 合金を用いてもよい。

【0080】次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク 410 ~ 415 を形成し、電極及び配線を形成するための第 1 のエッチング処理を行う。第 1 のエッチング処理では第 1 及び第 2 のエッチング条件で行う。(図 8 (B)) 本実施例では第 1 のエッチング条件として、ICP (Inductively Coupled Plasma : 誘

導結合型プラズマ) エッチング法を用い、エッチング用ガスに  $\text{CF}_4$  と  $\text{Cl}_2$  と  $\text{O}_2$  とを用い、それぞれのガス流量比を  $25:25:10$  (sccm) とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行う。基板側(試料ステージ)にも150WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッチング条件によりW膜をエッチングして第1の導電層の端部をテーパ形状とする。

【0081】この後、レジストからなるマスク410~415を除去せずに第2のエッチング条件に変え、エッチング用ガスに  $\text{CF}_4$  と  $\text{Cl}_2$  とを用い、それぞれのガス流量比を  $30:30$  (sccm) とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッチングを行う。基板側(試料ステージ)にも20WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。 $\text{CF}_4$  と  $\text{Cl}_2$  を混合した第2のエッチング条件ではW膜及びTa<sub>2</sub>N膜とも同程度にエッチングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10~20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。

【0082】上記第1のエッチング処理では、レジストからなるマスクの形状を適したものとすることにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電層及び第2の導電層の端部がテーパ形状となる。このテーパ部の角度は15~45°となる。こうして、第1のエッチング処理により第1の導電層と第2の導電層から成る第1の形状の導電層417~422(第1の導電層417a~422aと第2の導電層417b~422b)を形成する。416はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層417~422で覆われない領域は20~50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0083】次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第2のエッチング処理を行う。(図8(C))ここでは、エッチングガスに  $\text{CF}_4$  と  $\text{Cl}_2$  と  $\text{O}_2$  とを用い、W膜を選択的にエッチングする。この時、第2のエッチング処理により第2の導電層428b~433bを形成する。一方、第1の導電層417a~422aは、ほとんどエッチングされず、第2の形状の導電層428~433を形成する。

【0084】そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、半導体層にn型を付与する不純物元素を低濃度に添加する。ドーピング処理はイオンドープ法、若しくはイオン注入法で行えば良い。イオンドープ法の条件はドーズ量を  $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$  とし、加速電圧を40~80keVとして行う。本実施例ではドーズ量を  $1.5 \times 10^{13} / \text{cm}^2$  とし、加速電圧を60keVとして行う。n型を付

与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いるが、ここではリン(P)を用いる。この場合、導電層428~433がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に不純物領域423~427が形成される。不純物領域423~427には  $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

【0085】レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク434a~434cを形成して第1のドーピング処理よりも高い加速電圧で第2のドーピング処理を行う。イオンドープ法の条件はドーズ量を  $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} / \text{cm}^2$  とし、加速電圧を60~120keVとして行う。ドーピング処理は第2の導電層428b~432bを不純物元素に対するマスクとして用い、第1の導電層のテーパ部下方の半導体層に不純物元素が添加されるようにドーピングする。続いて、第2のドーピング処理より加速電圧を下げて第3のドーピング処理を行って図9(A)の状態を得る。イオンドープ法の条件はドーズ量を  $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$  とし、加速電圧を50~100keVとして行う。第2のドーピング処理および第3のドーピング処理により、第1の導電層と重なる低濃度不純物領域436、442、448には  $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加され、高濃度不純物領域435、438、441、444、447には  $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{21} / \text{cm}^3$  の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加される。

【0086】もちろん、適当な加速電圧にすることで、第2のドーピング処理および第3のドーピング処理は1回のドーピング処理で、低濃度不純物領域および高濃度不純物領域を形成することも可能である。

【0087】次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク450a~450cを形成して第4のドーピング処理を行う。この第4のドーピング処理により、pチャネル型TFETの活性層となる半導体層に前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域453~456、459、460を形成する。第2の導電層428a~432aを不純物元素に対するマスクとして用い、p型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域を形成する。本実施例では、不純物領域453~456、459、460はジボラン( $\text{B}_2\text{H}_6$ )を用いたイオンドープ法で形成する。(図9(B))この第4のドーピング処理の際には、nチャネル型TFETを形成する半導体層はレジストからなるマスク450a~450cで覆われている。第1乃至3のドーピング処理によって、不純物領域438、439にはそれぞれ異なる濃度でリンが添加されているが、そのいずれの領域においてもp型を付与する不純物元素の濃度を  $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{21} \text{at}$

oms/cm<sup>3</sup>となるようにドーピング処理することにより、pチャネル型TFTのソース領域およびドレイン領域として機能するために何ら問題は生じない。

【0088】以上までの工程で、それぞれの半導体層に不純物領域が形成される。

【0089】次いで、レジストからなるマスク450a～450cを除去して第1の層間絶縁膜461を形成する。この第1の層間絶縁膜461としては、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100～200nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚150nmの酸化窒化珪素膜を形成した。勿論、第1の層間絶縁膜461は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0090】次いで、図9(C)に示すように、レーザー光を照射して、半導体層の結晶性の回復、それぞれの半導体層に添加された不純物元素の活性化を行う。レーザー活性化は、実施例1乃至4のいずれか一、またはこれらの実施例を自由に組み合わせて、レーザー光を半導体膜に照射する。用いるレーザーは、連続発振またはパルス発振の固体レーザーまたは気体レーザーまたは金属レーザーが望ましい。なお、前記固体レーザーとしては連続発振またはパルス発振のYAGレーザー、YVO<sub>4</sub>レーザー、YLFレーザー、YAlO<sub>3</sub>レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライドレーザー、Ti:サファイアレーザー等があり、前記気体レーザーとしては連続発振またはパルス発振のエキシマレーザー、Arレーザー、Krレーザー、CO<sub>2</sub>レーザー等があり、前記金属レーザーとしてはヘリウムカドミウムレーザー、銅蒸気レーザー、金蒸気レーザーが挙げられる。このとき、連続発振のレーザーを用いるのであれば、レーザー光のエネルギー密度は0.01～100MW/cm<sup>2</sup>程度(好ましくは0.01～10MW/cm<sup>2</sup>)が必要であり、レーザー光に対して相対的に基板を0.5～2000cm/sの速度で移動させる。また、パルス発振のレーザーを用いるのであれば、周波数300Hzとし、レーザーエネルギー密度を50～1000mJ/cm<sup>2</sup>(代表的には50～500mJ/cm<sup>2</sup>)とするのが望ましい。このとき、レーザー光を50～98%オーバーラップさせても良い。なお、レーザーアニール法の他に、熱アニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA法)などを適用することができる。

【0091】また、第1の層間絶縁膜を形成する前に活性化を行っても良い。ただし、用いた配線材料が熱に弱い場合には、本実施例のように配線等を保護するため層間絶縁膜(珪素を主成分とする絶縁膜、例えば窒化珪素膜)を形成した後で活性化処理を行うことが好ましい。

【0092】そして、熱処理(300～550℃で1～12時間の熱処理)を行うと水素化を行うことができる。この工程は第1の層間絶縁膜461に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程で

ある。第1の層間絶縁膜の存在に関係なく半導体層を水素化することができる。水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)や、3～100%の水素を含む雰囲気中で300～450℃で1～12時間の熱処理を行っても良い。

【0093】次いで、第1の層間絶縁膜461上に無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜462を形成する。本実施例では、膜厚1.6μmのアクリル樹脂膜を形成したが、粘度が10～1000cp、好ましくは40～200cpのものをを用い、表面に凸凹が形成されるものを用いる。

【0094】本実施例では、鏡面反射を防ぐため、表面に凸凹が形成される第2の層間絶縁膜を形成することによって画素電極の表面に凸凹を形成した。また、画素電極の表面に凹凸を持たせて光散乱性を図るため、画素電極の下方の領域に凸部を形成してもよい。その場合、凸部の形成は、TFTの形成と同じフォトリソで行うことができるため、工程数の増加なく形成することができる。なお、この凸部は配線及びTFT部以外の画素部領域の基板上に適宜設ければよい。こうして、凸部を覆う絶縁膜の表面に形成された凸凹に沿って画素電極の表面に凸凹が形成される。

【0095】また、第2の層間絶縁膜462として表面が平坦化する膜を用いてもよい。その場合は、画素電極を形成した後、公知のサンドブラスト法やエッチング法等の工程を追加して表面を凹凸化させて、鏡面反射を防ぎ、反射光を散乱させることによって白色度を増加させることが好ましい。

【0096】そして、駆動回路506において、各不純物領域とそれぞれ電氣的に接続する配線464～468を形成する。なお、これらの配線は、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmの合金膜(AlとTiとの合金膜)との積層膜をパターンニングして形成する。もちろん、二層構造に限らず、単層構造でもよいし、三層以上の積層構造にしてもよい。また、配線の材料としては、AlとTiに限らない。例えば、Ta<sub>2</sub>N膜上にAlやCuを形成し、さらにTi膜を形成した積層膜をパターンニングして配線を形成してもよい。(図10)

【0097】また、画素部507においては、画素電極470、ゲート配線469、接続電極468を形成する。この接続電極468によりソース配線(443aと443bの積層)は、画素TFTと電氣的な接続が形成される。また、ゲート配線469は、画素TFTのゲート電極と電氣的な接続が形成される。また、画素電極470は、画素TFTのドレイン領域442と電氣的な接続が形成され、さらに保持容量を形成する一方の電極として機能する半導体層458と電氣的な接続が形成される。また、画素電極471としては、AlまたはAgを主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性の優れた材料を用いることが望ましい。

【0098】以上の様にして、nチャネル型TFT501とpチャネル型TFT502からなるCMOS回路、及びnチャネル型TFT503を有する駆動回路506と、画素TFT504、保持容量505とを有する画素部507を同一基板上に形成することができる。こうして、アクティブマトリクス基板が完成する。

【0099】駆動回路506のnチャネル型TFT501はチャネル形成領域437、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層428aと重なる低濃度不純物領域436（GOLD領域）、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域452と、n型を付与する不純物元素およびp型を付与する不純物元素が導入された不純物領域451を有している。このnチャネル型TFT501と電極466で接続してCMOS回路を形成するpチャネル型TFT502にはチャネル形成領域440、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域454と、n型を付与する不純物元素およびp型を付与する不純物元素が導入された不純物領域453を有している。また、nチャネル型TFT503にはチャネル形成領域443、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層430aと重なる低濃度不純物領域442（GOLD領域）、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域456と、n型を付与する不純物元素およびp型を付与する不純物元素が導入された不純物領域455を有している。

【0100】画素部の画素TFT504にはチャネル形成領域446、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域445（LDD領域）、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域458と、n型を付与する不純物元素およびp型を付与する不純物元素が導入された不純物領域457を有している。また、保持容量505の一方の電極として機能する半導体層には、n型を付与する不純物元素およびp型を付与する不純物元素が添加されている。保持容量505は、絶縁膜416を誘電体として、電極（432aと432bの積層）と、半導体層とで形成している。

【0101】本実施例の画素構造は、ブラックマトリクスを用いることなく、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置形成する。

【0102】また、本実施例で作製するアクティブマトリクス基板の画素部の上面図を図11に示す。なお、図8～図11に対応する部分には同じ符号を用いている。図10中の鎖線A-A'は図11中の鎖線A-A'で切断した断面図に対応している。また、図10中の鎖線B-B'は図11中の鎖線B-B'で切断した断面図に対応している。

【0103】〔実施例6〕本実施例では、実施例5で作製したアクティブマトリクス基板から、反射型液晶表示装置を作製する工程を以下に説明する。説明には図12

を用いる。

【0104】まず、実施例5に従い、図10の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図10のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極470上に配向膜567を形成しラビング処理を行う。なお、本実施例では配向膜567を形成する前に、アクリル樹脂膜等の有機樹脂膜をパターニングすることによって基板間隔を保持するための柱状のスペーサ572を所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサに代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよい。

【0105】次いで、対向基板569を用意する。次いで、対向基板569上に着色層570、571、平坦化膜573を形成する。赤色の着色層570と青色の着色層571とを重ねて、遮光部を形成する。また、赤色の着色層と緑色の着色層とを一部重ねて、遮光部を形成してもよい。

【0106】本実施例では、実施例5に示す基板を用いている。従って、実施例5の画素部の上面図を示す図11では、少なくともゲート配線469と画素電極470の間隙と、ゲート配線469と接続電極468の間隙と、接続電極468と画素電極470の間隙を遮光する必要がある。本実施例では、それらの遮光すべき位置に着色層の積層からなる遮光部が重なるように各着色層を配置して、対向基板を貼り合わせた。

【0107】このように、ブラックマスク等の遮光層を形成することなく、各画素間の隙間を着色層の積層からなる遮光部で遮光することによって工程数の低減を可能とした。

【0108】次いで、平坦化膜573上に透明導電膜からなる対向電極576を少なくとも画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜574を形成し、ラビング処理を施した。

【0109】そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール材568で貼り合わせる。シール材568にはフィラーが混入されていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な間隔を持って2枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料575を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止する。液晶材料575には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図12に示す反射型液晶表示装置が完成する。そして、必要があれば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の形状に分断する。さらに、対向基板のみに偏光板（図示しない）を貼りつけた。そして、公知の技術を用いてFPCを貼りつけた。

【0110】以上のようにして作製される液晶表示装置はエネルギー分布の均一化が非常に容易であるレーザ光が照射されているため一様にアニールされた半導体膜を用いて作製されたTFTを有しており、前記液晶表示装置の動作特性や信頼性を十分なものとなり得る。そし

て、このような液晶表示装置は各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0111】なお、本実施例は実施例1乃至5と自由に組み合わせることが可能である。

【0112】【実施例7】本実施例では、実施例5で示したアクティブマトリクス基板を作製するときのTFTの作製方法を用いて、発光装置を作製した例について説明する。本明細書において、発光装置とは、基板上に形成された発光素子を該基板とカバー材の間に封入した表示用パネルおよび該表示用パネルにTFTを備えた表示用モジュールを総称したものである。なお、発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス (Electro Luminescence) が得られる有機化合物を含む層 (発光層) と陽極層と、陰極層とを有する。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光 (蛍光) と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光 (リン光) があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含む。

【0113】なお、本明細書中では、発光素子において陽極と陰極の間に形成された全ての層を有機発光層と定義する。有機発光層には具体的に、発光層、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層、電子輸送層等が含まれる。基本的に発光素子は、陽極層、発光層、陰極層が順に積層された構造を有しており、この構造に加えて、陽極層、正孔注入層、発光層、陰極層や、陽極層、正孔注入層、発光層、電子輸送層、陰極層等の順に積層した構造を有していることもある。

【0114】図13は本実施例の発光装置の断面図である。図13において、基板700上に設けられたスイッチングTFT603は図10のnチャネル型TFT503を用いて形成される。したがって、構造の説明はnチャネル型TFT503の説明を参照すれば良い。

【0115】なお、本実施例ではチャネル形成領域が二つ形成されるダブルゲート構造としているが、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプルゲート構造であっても良い。

【0116】基板700上に設けられた駆動回路は図10のCMOS回路を用いて形成される。従って、構造の説明はnチャネル型TFT501とpチャネル型TFT502の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシ

ングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0117】また、配線701、703はCMOS回路のソース配線、702はドレイン配線として機能する。また、配線704はソース配線708とスイッチングTFTのソース領域とを電気的に接続する配線として機能し、配線705はドレイン配線709とスイッチングTFTのドレイン領域とを電気的に接続する配線として機能する。

【0118】なお、電流制御TFT604は図10のp

チャネル型TFT502を用いて形成される。従って、構造の説明はpチャネル型TFT502の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0119】また、配線706は電流制御TFTのソース配線 (電流供給線に相当する) であり、707は電流制御TFTの画素電極711上に重ねることによって画素電極711と電気的に接続する電極である。

【0120】なお、711は、透明導電膜からなる画素電極 (発光素子の陽極) である。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物、酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物、酸化亜鉛、酸化スズまたは酸化インジウムを用いることができる。また、前記透明導電膜にガリウムを添加したものを用いても良い。画素電極711は、上記配線を形成する前に平坦な層間絶縁膜710上に形成する。本実施例においては、樹脂からなる平坦化膜710を用いてTFTによる段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成される発光層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、発光層をできるだけ平坦面に形成するように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

【0121】配線701~707を形成後、図13に示すようにバンク712を形成する。バンク712は100~400nmの珪素を含む絶縁膜もしくは有機樹脂膜をパターンニングして形成すれば良い。

【0122】なお、バンク712は絶縁膜であるため、成膜時における素子の静電破壊には注意が必要である。本実施例ではバンク712の材料となる絶縁膜中にカーボン粒子や金属粒子を添加して抵抗率を下げ、静電気の発生を抑制する。この際、抵抗率は $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{12} \Omega \text{m}$  (好ましくは $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^{10} \Omega \text{m}$ ) となるようにカーボン粒子や金属粒子の添加量を調節すれば良い。

【0123】画素電極711の上には発光層713が形成される。なお、図13では一面素しか図示していないが、本実施例ではR (赤)、G (緑)、B (青) の各色に対応した発光層を作り分けている。また、本実施例では蒸着法により低分子系有機発光材料を形成している。具体的には、正孔注入層として20nm厚の銅フタロシアン (CuPc) 膜を設け、その上に発光層として70nm厚のトリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体 (Alq3) 膜を設けた積層構造としている。Alq3にキナクリドン、ペリレンもしくはDCM1といった蛍光色素を添加することで発光色を制御することができる。

【0124】但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機発光材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注入層を自由に組み合わせて発光層 (発光及びそのための



キャリアの移動を行わせるための層)を形成すれば良い。例えば、本実施例では低分子系有機発光材料を発光層として用いる例を示したが、中分子系有機発光材料や高分子系有機発光材料を用いても良い。なお、本明細書中において、昇華性を有さず、かつ、分子数が20以下または連鎖する分子の長さが10 $\mu$ m以下の有機発光材料を中分子系有機発光材料とする。また、高分子系有機発光材料を用いる例として、正孔注入層として20nmのポリチオフェン(PEDOT)膜をスピン塗布法により設け、その上に発光層として100nm程度のパラフェニレンビニレン(PPV)膜を設けた積層構造としても良い。なお、PPVの $\pi$ 共役系高分子を用いると、赤色から青色まで発光波長を選択できる。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機発光材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0125】次に、発光層713の上には導電膜からなる陰極714が設けられる。本実施例の場合、導電膜としてアルミニウムとリチウムとの合金膜を用いる。勿論、公知のMgAg膜(マグネシウムと銀との合金膜)を用いても良い。陰極材料としては、周期表の1族もしくは2族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0126】この陰極714まで形成された時点で発光素子715が完成する。なお、ここでいう発光素子715は、画素電極(陽極)711、発光層713及び陰極714で形成されたダイオードを指す。

【0127】発光素子715を完全に覆うようにしてパッシベーション膜716を設けることは有効である。パッシベーション膜716としては、炭素膜、窒化珪素膜もしくは窒化酸化珪素膜を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層で用いる。

【0128】この際、カバレッジの良い膜をパッシベーション膜として用いることが好ましく、炭素膜、特にDLC膜を用いることは有効である。DLC膜は室温から100℃以下の温度範囲で成膜可能であるため、耐熱性の低い発光層713の上方にも容易に成膜することができる。また、DLC膜は酸素に対するブロッキング効果が高く、発光層713の酸化を抑制することが可能である。そのため、この後に続く封止工程を行う間に発光層713が酸化するといった問題を防止できる。

【0129】さらに、パッシベーション膜716上に封止材717を設け、カバー材718を貼り合わせる。封止材717としては紫外線硬化樹脂を用いれば良く、内部に吸湿効果を有する物質もしくは酸化防止効果を有する物質を設けることは有効である。また、本実施例においてカバー材718はガラス基板や石英基板やプラスチック基板(プラスチックフィルムも含む)や可撓性基板の両面に炭素膜(好ましくはDLC膜)を形成したものを

N、AlOなど)、SiNなどを用いることができる。

【0130】こうして図13に示すような構造の発光装置が完成する。なお、バンク712を形成した後、パッシベーション膜716を形成するまでの工程をマルチチャンパー方式(またはインライン方式)の成膜装置を用いて、大気解放せずに連続的に処理することは有効である。また、さらに発展させてカバー材718を貼り合わせる工程までを大気解放せずに連続的に処理することも可能である。

10 【0131】こうして、基板700上にnチャネル型TFT601、602、スイッチングTFT(nチャネル型TFT)603および電流制御TFT(nチャネル型TFT)604が形成される。

【0132】さらに、図13を用いて説明したように、ゲート電極に絶縁膜を介して重なる不純物領域を設けることによりホットキャリア効果に起因する劣化に強いnチャネル型TFTを形成することができる。そのため、信頼性の高い発光装置を実現できる。

20 【0133】また、本実施例では画素部と駆動回路の構成のみ示しているが、本実施例の製造工程に従えば、その他にも信号分割回路、D/Aコンバータ、オペアンプ、 $\gamma$ 補正回路などの論理回路を同一の絶縁体上に形成可能であり、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成しうる。

30 【0134】以上のようにして作製される発光装置はエネルギー分布の均一化が非常に容易であるレーザ光が照射されているため一様にアニールされた半導体膜を用いて作製されたTFTを有しており、前記発光装置の動作特性や信頼性を十分なものとなり得る。そして、このような発光装置は各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0135】なお、本実施例は実施例1乃至5と自由に組み合わせることが可能である。

【0136】〔実施例8〕本実施例では、本発明の光学系を用いて半導体膜の結晶化を行った例について図1および図17を用いて説明する。

40 【0137】ガラス基板上に下地膜として、プラズマCVD法により酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)400nmを形成した。続いて、前記下地膜上に半導体膜として、プラズマCVD法により非晶質珪素膜150nmを形成した。そして、500℃で3時間の熱処理を行って、半導体膜が含有する水素を放出させた後、レーザアニール法により半導体膜の結晶化を行った。レーザアニール法の条件は、レーザ光としてYVO<sub>4</sub>レーザの第2高調波を用い、図1で示した光学系における凸レンズ103に対するレーザ光の入射角 $\phi$ を18°として矩形状ビームを形成し、基板を50cm/sの速度で移動させながら照射して、半導体膜の結晶化を行った。

50 【0138】このようにして得られた結晶性半導体膜に

セコエッチングを行って、SEMにより1万倍にて表面を観察した結果を図17に示す。なお、セコエッチングにおけるセコ液は $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}=2:1$ に添加剤として $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を用いて作製されるものである。図17は、図中の矢印で示す方向にレーザ光を相対的に走査させて得られたものであり、走査方向に対して直角方向に大粒径の結晶粒が形成されている様子がわかる。

【0139】このように、本発明を用いて結晶化を行った半導体膜には大粒径の結晶粒が形成されているため、前記半導体膜を用いてTFTを作製すると、そのチャネル形成領域に含まれる結晶粒界の本数を少なくすることができる。また、個々の結晶粒は実質的に単結晶と見なせる結晶性を有することから、単結晶半導体を用いたトランジスタと同等もしくはそれ以上の高いモビリティ（電界効果移動度）を得ることも可能である。

【0140】さらに、形成された結晶粒が一方に揃っているため、キャリアが結晶粒界を横切る回数を極端に減らすことができる。そのため、オン電流値（TFTがオン状態にある時に流れるドレイン電流値）、オフ電流値（TFTがオフ状態にある時に流れるドレイン電流値）、しきい値電圧、S値及び電界効果移動度のバラツキを低減することも可能となり、電気的特性は著しく向上する。

【0141】【実施例9】本実施例では、実施例8とは異なる方法で半導体膜の結晶化を行った例について図1および図18を用いて説明する。

【0142】実施例8にしたがって、半導体膜として非晶質珪素膜まで形成した。そして、特開平7-183540号公報に記載された方法を利用し、前記半導体膜上にスピンコート法にて酢酸ニッケル水溶液（重量換算濃度5ppm、体積10ml）を塗布し、500℃の窒素雰囲気下1時間、550℃の窒素雰囲気下12時間の熱処理を行った。続いて、レーザアニール法により、半導体膜の結晶性の向上を行う。レーザアニール法の条件は、レーザ光としてYVO<sub>4</sub>レーザの第2高調波を用い、図1で示した光学系における凸レンズ103に対するレーザ光の入射角 $\phi$ を18°として矩形形状ビームを形成し、基板を50cm/sの速度で移動させながら照射して、半導体膜の結晶性の向上を行った。

【0143】このようにして得られた結晶性半導体膜にセコエッチングを行って、SEMにより1万倍にて表面を観察した。その結果を図18に示す。図18は、図中の矢印で示す方向にレーザ光を相対的に走査させて得られたものであり、走査方向に対して直角方向に大粒径の結晶粒が形成されている様子がわかる。また、図17で示す結晶粒よりも図18で示す結晶粒の方が、レーザ光の相対的な走査方向に対して交差する方向に形成される粒界が少ないことが特徴的である。

【0144】このように、本発明を用いて結晶化を行った半導体膜には大粒径の結晶粒が形成されているため、

前記半導体膜を用いてTFTを作製すると、そのチャネル形成領域に含まれる結晶粒界の本数を少なくすることができる。また、個々の結晶粒は実質的に単結晶と見なせる結晶性を有することから、単結晶半導体を用いたトランジスタと同等もしくはそれ以上の高いモビリティ（電界効果移動度）を得ることも可能である。

【0145】さらに、形成された結晶粒が一方に揃っているため、キャリアが結晶粒界を横切る回数を極端に減らすことができる。そのため、オン電流値、オフ電流値、しきい値電圧、S値及び電界効果移動度のバラツキを低減することも可能となり、電気的特性は著しく向上する。

【0146】【実施例10】本実施例では、本発明の光学系を用いて半導体膜の結晶化を行い、その半導体膜を用いてTFTを作製した例について、図1、図19および図20を用いて説明する。

【0147】本実施例では基板20として、ガラス基板を用い、ガラス基板上に下地膜21として、プラズマCVD法により酸化窒化珪素膜（組成比Si=32%、O=27%、N=24%、H=17%）50nm、酸化窒化珪素膜（組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%）100nmを積層した。次いで、下地膜21上に半導体膜22として、プラズマCVD法により非晶質珪素膜150nmを形成した。そして、500℃で3時間の熱処理を行って、半導体膜が含有する水素を放出させ、YVO<sub>4</sub>レーザの第2高調波を図1で示した光学系における凸レンズ103に対するレーザ光の入射角 $\phi$ を18°として矩形形状ビームを形成し、50cm/sの速度で走査した。（図19（B））

【0148】そして、第1のドーピング処理を行う。これはしきい値を制御するためのチャネルドープである。材料ガスとしてB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を用い、ガス流量30sccm、電流密度0.05 $\mu\text{A}$ 、加速電圧60kV、ドーズ量 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ として行った。（図19（C））

【0149】続いて、パターニングを行って、半導体膜24を所望の形状にエッチングした後、エッチングされた半導体膜を覆うゲート絶縁膜27としてプラズマCVD法により膜厚115nmの酸化窒化珪素膜を形成する。次いで、ゲート絶縁膜27上に導電膜として膜厚30nmのTa<sub>2</sub>N膜28と、膜厚370nmのW膜29を積層形成する。（図19（D））

【0150】フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク（図示せず）を形成して、W膜、Ta<sub>2</sub>N膜、ゲート絶縁膜をエッチングする。

【0151】そして、レジストからなるマスクを除去し、新たにマスク33を形成して第2のドーピング処理を行い、半導体膜にn型を付与する不純物元素を導入する。この場合、導電層30、31がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に不純物領域34が形成される。本実施例では第2のドーピング処理

は、半導体膜の膜厚が150nmと厚いため2条件に分けて行った。本実施例では、材料ガスとしてフォスフィン(PH<sub>3</sub>)を用い、ドーズ量を $2 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ とし、加速電圧を90kVとして行った後、ドーズ量を $5 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ とし、加速電圧を10kVとして行った。(図19(E))

【0152】次いで、レジストからなるマスク33を除去した後、新たにレジストからなるマスク35を形成して第3のドーピング処理を行う。この第3のドーピング処理により、pチャネル型TFTの活性層となる半導体膜に前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域36を形成する。導電層30、31を不純物元素に対するマスクとして用い、p型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域36を形成する。本実施例では第3のドーピング処理においても、半導体膜の膜厚が150nmと厚いため2条件に分けて行った。本実施例では、材料ガスとしてジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)を用い、ドーズ量を $2 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ とし、加速電圧を90kVとして行った後、ドーズ量を $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とし、加速電圧を10kVとして行った。(図19(F))

【0153】以上までの工程で、それぞれの半導体層に不純物領域34、36が形成される。

【0154】次いで、レジストからなるマスク35を除去して、プラズマCVD法により第1の層間絶縁膜37として膜厚50nmの酸化窒化珪素膜(組成比Si=32.8%、O=63.7%、H=3.5%)を形成した。

【0155】次いで、熱処理により、半導体層の結晶性の回復、それぞれの半導体層に添加された不純物元素の活性化を行う。本実施例ではファーンズアニール炉を用いた熱アニール法により、窒素雰囲気中にて550度4時間の熱処理を行った。(図19(G))

【0156】次いで、第1の層間絶縁膜37上に無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜38を形成する。本実施例では、CVD法により膜厚50nmの窒化珪素膜を形成した後、膜厚400nmの酸化珪素膜を形成した。

【0157】そして、熱処理を行うと水素化処理を行うことができる。本実施例では、ファーンズアニール炉を用い、410度で1時間、窒素雰囲気中にて熱処理を行った。

【0158】続いて、各不純物領域とそれぞれ電気的に接続する配線39を形成する。本実施例では、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmのAl-Si膜と、膜厚50nmのTi膜との積層膜をバタニングして形成した。もちろん、二層構造に限らず、単層構造でもよいし、三層以上の積層構造にしてもよい。また、配線の材料としては、AlとTiに限らない。例えば、TaN膜上にAlやCuを形成し、さらにTi膜を形成した積層

膜をバタニングして配線を形成してもよい。(図19(H))

【0159】以上の様にして、nチャネル型TFT51とpチャネル型TFT52が形成された。これらの電気的特性を測定し、nチャネル型TFT51の電気的特性を図20(A)に、pチャネル型TFT52の電気的特性を図20(B)に示す。電気的特性の測定条件は、測定点をそれぞれ2点とし、ゲート電圧V<sub>g</sub>=-16~16Vの範囲で、ドレイン電圧V<sub>d</sub>=1、5Vとした。また、図20において、ドレイン電流(I<sub>D</sub>)、ゲート電流(I<sub>G</sub>)は実線で、移動度(μFE)は点線で示している。

【0160】図20より、本発明を用いて作製されたTFTの電気的特性は著しく向上していることがわかる。これは、本発明を用いて結晶化を行った半導体膜には大粒径の結晶粒が形成されているため、前記半導体膜を用いてTFTを作製すると、そのチャネル形成領域に含まれる結晶粒界の本数を少なくすることができるためである。さらに、形成された結晶粒は一方方向に揃っているため、キャリアが結晶粒界を横切る回数を極端に減らすことができる。そのため、特に移動度が、nチャネル型TFTにおいて $524\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、pチャネル型TFTにおいて $205\text{cm}^2/\text{Vs}$ となることがわかる。このようなTFTを用いて半導体装置を作製すれば、その動作特性および信頼性をも向上することが可能となる。

【0161】[実施例11] 本実施例では、実施例10とは異なる方法で半導体膜の結晶化を行い、その半導体膜を用いてTFTを作製した例について、図1、図21~図23を用いて説明する。

【0162】実施例10にしたがって、半導体膜として非晶質珪素膜まで形成する。そして、特開平7-183540号公報に記載された方法を利用し、前記半導体膜上にスピンコート法にて酢酸ニッケル水溶液(重量換算濃度5ppm、体積10ml)を塗布して金属含有層41を形成する。そして、500℃の窒素雰囲気中で1時間、550℃の窒素雰囲気中で12時間の熱処理を行った。(図21(B))続いて、レーザアニール法により、半導体膜の結晶性の向上を行う。レーザアニール法の条件は、レーザ光としてYVO<sub>4</sub>レーザの第2高調波を用い、図1で示した光学系における凸レンズ103に対するレーザ光の入射角φを18°として矩形状ビームを形成して、基板を20cm/sまたは50cm/sの速度で移動させながら照射して、半導体膜の結晶性の向上を行った。(図21(C))

【0163】これ以降の工程は実施例10にしたがって行い、nチャネル型TFT51とpチャネル型TFT52が形成された。これらの電気的特性を測定し、レーザアニールにおいて、基板の速度を20cm/sで移動させて作製したnチャネル型TFT51の電気的特性を図22(A)に、pチャネル型TFT52の電気的特性を

図 22 (B) に示し、基板の速度を  $50 \text{ cm/s}$  で移動させて作製した n チャンネル型 TFT 51 の電気的特性を図 23 (A) に、p チャンネル型 TFT 52 の電気的特性を図 23 (B) に示す。電気的特性の測定条件は、測定点をそれぞれ 2 点とし、ゲート電圧  $V_g = -16 \sim 16 \text{ V}$  の範囲で、ドレイン電圧  $V_d = 1, 5 \text{ V}$  とした。また、図 22、図 23 において、ドレイン電流 ( $I_D$ )、ゲート電流 ( $I_G$ ) は実線で、移動度 ( $\mu_{FE}$ ) は点線で示している。

【0164】図 22 および図 23 より、本発明を用いて作製された TFT の電気的特性は著しく向上していることがわかる。これは、本発明を用いて結晶化を行った半導体膜には大粒径の結晶粒が形成されているため、前記半導体膜を用いて TFT を作製すると、そのチャンネル形成領域に含まれる結晶粒界の本数を少なくすることができるためである。さらに、形成された結晶粒は一方方向に揃っているおり、かつ、レーザ光の相対的な走査方向に対して交差する方向に形成される粒界が少ないため、キャリアが結晶粒界を横切る回数を極端に減らすことができる。そのため、特に移動度が、図 22 では n チャンネル型 TFT において  $510 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、p チャンネル型 TFT において  $200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  と、図 23 では n チャンネル型 TFT において  $595 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、p チャンネル型 TFT において  $199 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  と非常に優れていることがわかる。そして、このような TFT を用いて半導体装置を作製すれば、その動作特性および信頼性をも向上することが可能となる。

【0165】【実施例 12】実施例 10 と実施例 11 において、それぞれ異なる結晶化方法で TFT を作製する一例について示したが、本実施例ではその結晶性の差異を TFT の特性から検討した。

【0166】図 25 は実施例 11 に従い、結晶化において触媒作用のあるニッケルを用いた熱結晶化とレーザ光の照射を組み合わせさせて作製した（以下 PG6 と称する）TFT のドレイン電流対ゲート電圧 ( $I_D-V_G$ ) 特性におけるチャンネル長依存性を示す。一方、図 26 は実施例 10 に従い、レーザ光の照射のみで作製した（以下 LG6 と称する）TFT の  $I_D-V_G$  特性におけるチャンネル長依存性を示す。チャンネル長は (A)  $1.5 \mu\text{m}$ 、(B)  $2.0 \mu\text{m}$ 、(C)  $3.0 \mu\text{m}$  について示している。なお、本実施例では、いずれも n チャンネル型 TFT を用いて比較評価した。

【0167】図 25 と図 26 は半導体膜の厚さを  $66 \text{ nm}$  とした試料であり、この厚さであれば完全空乏型として動作する。両者の図を対比して明らかなように、チャンネル長が  $2 \mu\text{m}$  以下と短くなった場合に、オフ領域で顕著な差が見られた。すなわち、LG6 で作製した TFT においてドレイン電流が異常に跳ね上がる現象が観測された。この現象はチャンネルドーズ量の依存性も確認されたが、いずれにしてもチャンネル長が短くなるにつれてソー

ス・ドレイン間の耐圧に関して PG6 の方が LG6 よりも優れていることが判明した。

【0168】半導体膜の厚さが薄い完全空乏型においてソース・ドレイン耐圧に有意差が見られたが、半導体膜の厚さを  $150 \text{ nm}$  とした部分空乏型において同様な傾向が観察されるかを測定した。図 27 と図 28 に  $I_D-V_G$  特性を示す。オフ領域におけるドレイン電流の異常な跳ね上がりは、ドレイン電圧にも影響され、ドレイン電圧が増加するとドレイン電流の異常な跳ね上がりが顕著となる。しかし、その影響を含めて考慮しても PG6 の方がソース・ドレイン間の耐圧に関して優れていることが判明し、部分空乏型においても、PG6 の方がソース・ドレイン間耐圧は高いと判断された。

【0169】以上の結果は、TFT の素子寸法をサブミクロンレベルに微細化する場合、PG6 の方が適していることを示唆している。

【0170】【実施例 13】本発明を適用して、様々な半導体装置（アクティブマトリクス型液晶表示装置、アクティブマトリクス型発光装置、アクティブマトリクス型 EC 表示装置）を作製することができる。即ち、それら電気光学装置を表示部に組み込んだ様々な電子機器に本発明を適用できる。

【0171】その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、カーナビゲーション、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等）などが挙げられる。それらの例を図 14、図 15 及び図 16 に示す。

【0172】図 14 (A) はパーソナルコンピュータであり、本体 3001、画像入力部 3002、表示部 3003、キーボード 3004 等を含む。本発明により作製された半導体装置を表示部 3003 に適用することで、本発明のパーソナルコンピュータが完成する。

【0173】図 14 (B) はビデオカメラであり、本体 3101、表示部 3102、音声入力部 3103、操作スイッチ 3104、バッテリー 3105、受像部 3106 等を含む。本発明により作製された半導体装置を表示部 3102 に適用することで、本発明のビデオカメラが完成する。

【0174】図 14 (C) はモバイルコンピュータ（モバイルコンピュータ）であり、本体 3201、カメラ部 3202、受像部 3203、操作スイッチ 3204、表示部 3205 等を含む。本発明により作製された半導体装置を表示部 3205 に適用することで、本発明のモバイルコンピュータが完成する。

【0175】図 14 (D) はゴーグル型ディスプレイであり、本体 3301、表示部 3302、アーム部 3303 等を含む。本発明により作製された半導体装置を表示部 3302 に適用することで、本発明のゴーグル型ディ

スプレイが完成する。

【0176】図14(E)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体3401、表示部3402、スピーカ部3403、記録媒体3404、操作スイッチ3405等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本発明により作製された半導体装置を表示部3402に適用することで、本発明の記録媒体が完成する。

【0177】図14(F)はデジタルカメラであり、本体3501、表示部3502、接眼部3503、操作スイッチ3504、受像部(図示しない)等を含む。本発明により作製された半導体装置を表示部3502に適用することで、本発明のデジタルカメラが完成する。

【0178】図15(A)はフロント型プロジェクターであり、投射装置3601、スクリーン3602等を含む。本発明により作製された半導体装置を投射装置3601の一部を構成する液晶表示装置3808やその他の駆動回路に適用することで、本発明のフロント型プロジェクターが完成する。

【0179】図15(B)はリア型プロジェクターであり、本体3701、投射装置3702、ミラー3703、スクリーン3704等を含む。本発明により作製された半導体装置を投射装置3702の一部を構成する液晶表示装置3808やその他の駆動回路に適用することで、本発明のリア型プロジェクターが完成する。

【0180】なお、図15(C)は、図15(A)及び図15(B)中における投射装置3601、3702の構造の一例を示した図である。投射装置3601、3702は、光源光学系3801、ミラー3802、3804~3806、ダイクロイックミラー3803、プリズム3807、液晶表示装置3808、位相差板3809、投射光学系3810で構成される。投射光学系3810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図15(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0181】また、図15(D)は、図15(C)中における光源光学系3801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系3801は、リフレクター3811、光源3812、レンズアレイ3813、3814、偏光変換素子3815、集光レンズ3816で構成される。なお、図15(D)に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光

学系を設けてもよい。

【0182】ただし、図15に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の電気光学装置及び発光装置での適用例は図示していない。

【0183】図16(A)は携帯電話であり、本体3901、音声出力部3902、音声入力部3903、表示部3904、操作スイッチ3905、アンテナ3906等を含む。本発明により作製された半導体装置を表示部3904に適用することで、本発明の携帯電話が完成する。

【0184】図16(B)は携帯書籍(電子書籍)であり、本体4001、表示部4002、4003、記憶媒体4004、操作スイッチ4005、アンテナ4006等を含む。本発明により作製された半導体装置は表示部4002、4003に適用することで、本発明の携帯書籍が完成する。

【0185】図16(C)はディスプレイであり、本体4101、支持台4102、表示部4103等を含む。本発明により作製された半導体装置を表示部4103に適用することで、本発明のディスプレイが完成する。本発明のディスプレイは特に大画面化した場合において有利であり、対角10インチ以上(特に30インチ以上)のディスプレイには有利である。

【0186】以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、さまざまな分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例1~6、8~12または1~5、7~12の組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

【0187】[実施例14] 本実施例では実施例1において凸レンズの代わりに、ディフラクティブオプティクス(回折格子)を用いて線状ビームを形成する例を図24を用いて説明する。

【0188】図24にはレーザ401、ミラー402、ディフラクティブオプティクス403、線状ビーム406、非照射体104、ガラス基板105が記載されている。また107、108、109は基板が移動する方向が示されている。

【0189】レーザ401から射出されたレーザ光を、ミラー402を経由して、ディフラクティブオプティクス403に入射すると、照射面またはその近傍において線状ビーム406を形成することができる。線状ビームの形状は、ディフラクティブオプティクスを適宜設計し、形成すれば良い。また線状ビームを、照射面に斜めに入射すると干渉を防ぐことができる。

【0190】なお、レーザ401とミラー402との間、またはミラー402とディフラクティブオプティクス403との間にビームエキスパンダーを設置して長尺方向および短尺方向ともにそれぞれ所望の大きさに拡大してもよい。また、ミラーは設置しなくても良いし、複

数設置してもよい。

【0191】そして、このようにして形成される線状ビームを照射しながら、例えば107で示す方向または108、109で示す方向に被照射体104に対して相対的に移動することで、被照射体104において所望の領域または全面を照射することができる。

【0192】本発明は線状ビームを形成するための光学系が非常に簡易な構成であるため、複数のレーザ光を照射面において同一の形状の線状ビームとすることも容易である。そのため、どの線状ビームが照射した領域においても同一のアニールが行われるため被照射体の全面が一様の物性となり、スループットが向上する。

【0193】なお、本実施例同様、実施例2乃至4においても、凸レンズをディフラクティブオプティクスに代えて用いることが出来る。

【0194】なお、本実施例の光学系は実施例5乃至7と自由に組み合わせることができる。

【0195】

【発明の効果】本発明の構成を採用することにより、以下に示すような基本的有意性を得ることが出来る。

(a) 非常に簡易な構成であるため、光学調整が容易であり、コンパクトな装置となる。これは複数の同じ種類のレーザまたは複数の異なる種類のレーザを用いた場合においても同様に、光学調整が容易であり、コンパクトな装置となる。

(b) 被照射体に対して斜めに入射するため、戻り光を防止することができ、より簡易な構成となる。

(c) 複数のレーザ光を用いてレーザ照射する場合においても、光学系が簡易であるため、容易に全てのレーザ光の形状を同一のものとすることを可能とする。そのため、被照射体に対して一様にアニールすることを可能とする。これは、大面積基板の場合に特に有効である。

(d) 複数のレーザ光を合成することを非常に容易なものとしている。そのため、出力の低いレーザであっても複数用いることで十分適用し得る。

(e) スループットを向上させることを可能とする。

(f) 以上の利点を満たした上で、アクティブマトリクス型の液晶表示装置に代表される半導体装置において、半導体装置の動作特性および信頼性の向上を実現することができる。さらに、半導体装置の製造コストの低減を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光学系の例を示す図。

【図2】 被照射体に対するレーザ光の入射角度 $\theta$ を求めるための図。

【図3】 本発明により照射面において形成されるレーザ光の形状の例を示す図。

【図4】 複数のレーザを用いる場合の本発明の光学系の例を示す図。

【図5】 複数のレーザを用いる場合の本発明の光学系の例を示す図。

【図6】 複数のレーザを用いる場合の本発明の光学系の例を示す図。

【図7】 従来の光学系の例を示す図。

【図8】 画素TFT、駆動回路のTFTの作製工程を示す断面図。

10 【図9】 画素TFT、駆動回路のTFTの作製工程を示す断面図。

【図10】 画素TFT、駆動回路のTFTの作製工程を示す断面図。

【図11】 画素TFTの構成を示す上面図。

【図12】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の断面図。

【図13】 発光装置の駆動回路及び画素部の断面構造図。

【図14】 半導体装置の例を示す図。

20 【図15】 半導体装置の例を示す図。

【図16】 半導体装置の例を示す図。

【図17】 本発明を用いて半導体膜の結晶化を行って、SEMにより観察した例を示す図。

【図18】 本発明を用いて半導体膜の結晶化を行って、SEMにより観察した例を示す図。

【図19】 本発明を用いてTFTを作製した例を示す図。

【図20】 本発明を用いてTFTを作製し、電気的特性を測定した例を示す図。

30 【図21】 本発明を用いてTFTを作製した例を示す図。

【図22】 本発明を用いてTFTを作製し、電気的特性を測定した例を示す図。

【図23】 本発明を用いてTFTを作製し、電気的特性を測定した例を示す図。

【図24】 本発明の光学系の例を示す図。

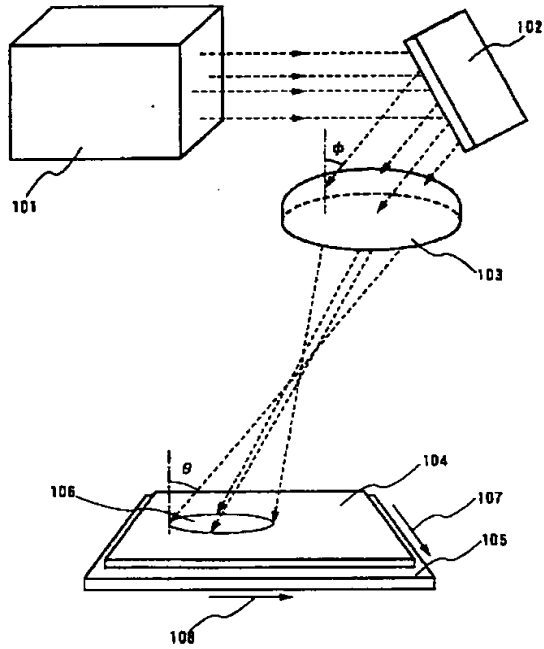
【図25】 結晶化において触媒作用のあるニッケルを用いた熱結晶化とレーザ光の照射を組み合わせで作製したTFTのID-VG特性を示すグラフでありチャネル長依存性を示す。

【図26】 結晶化においてレーザ光の照射して作製したID-VG特性を示すグラフでありチャネル長依存性を示す。

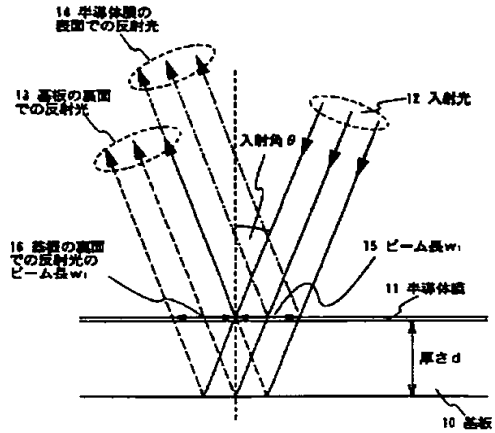
【図27】 完全空乏型(膜厚66nm)におけるTFTのID-VG特性を示すグラフ。

【図28】 部分空乏型(膜厚150nm)におけるTFTのID-VG特性を示すグラフ。

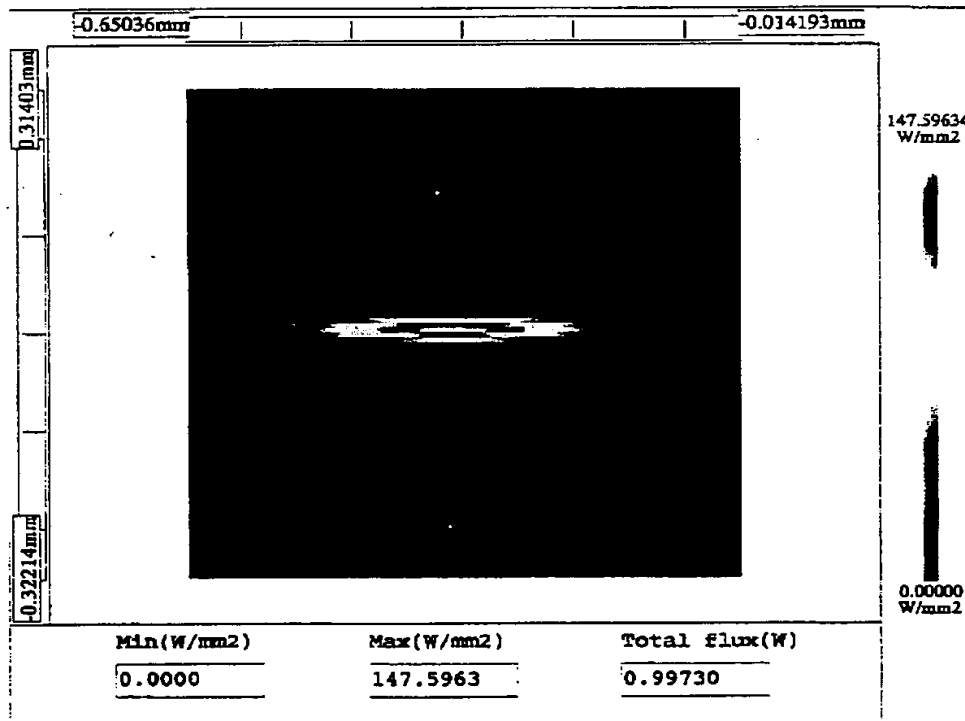
【図 1】



【図 2】

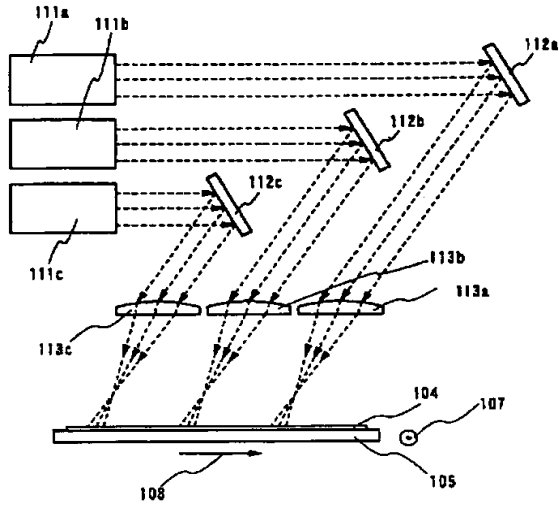


【図 3】

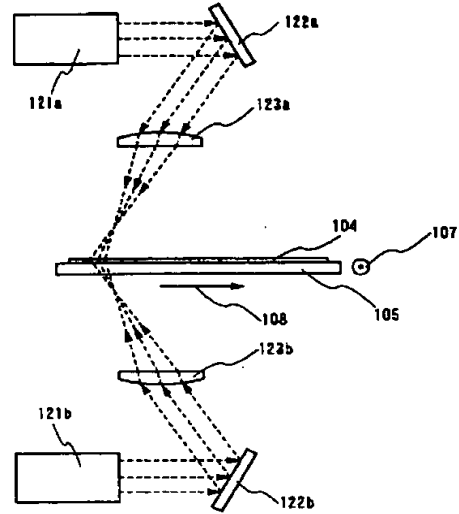


BEST AVAILABLE COPY

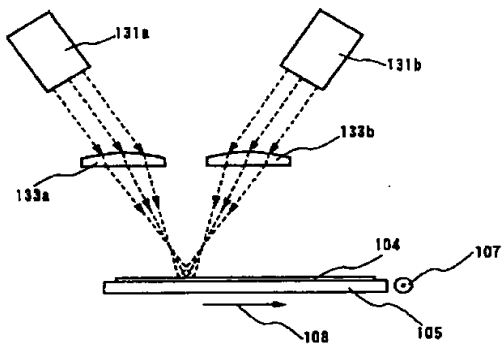
【図 4】



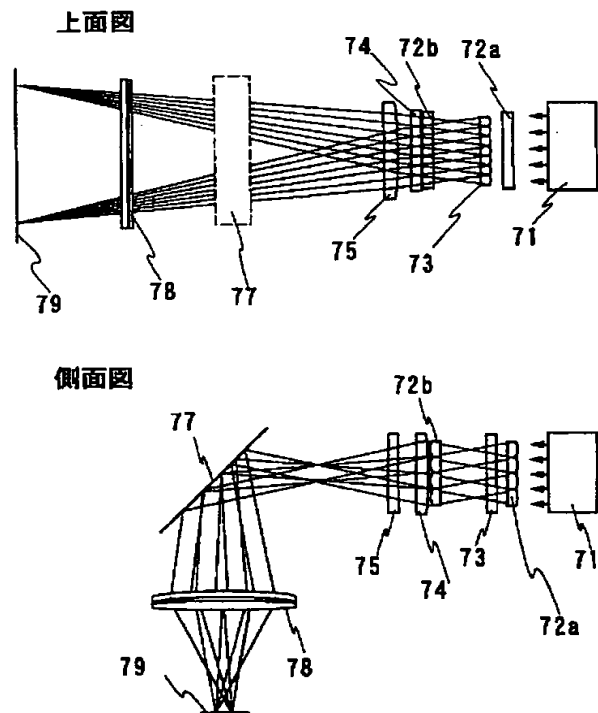
【図 5】



【図 6】

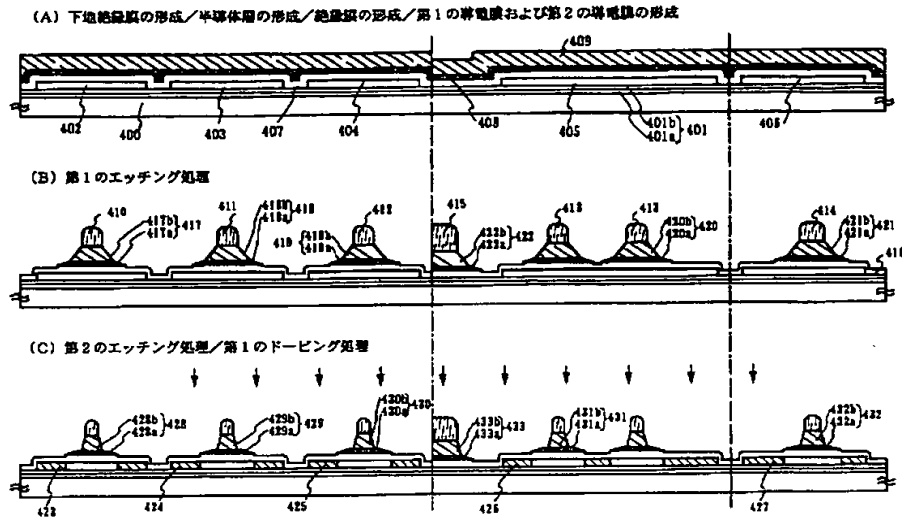


【図 7】

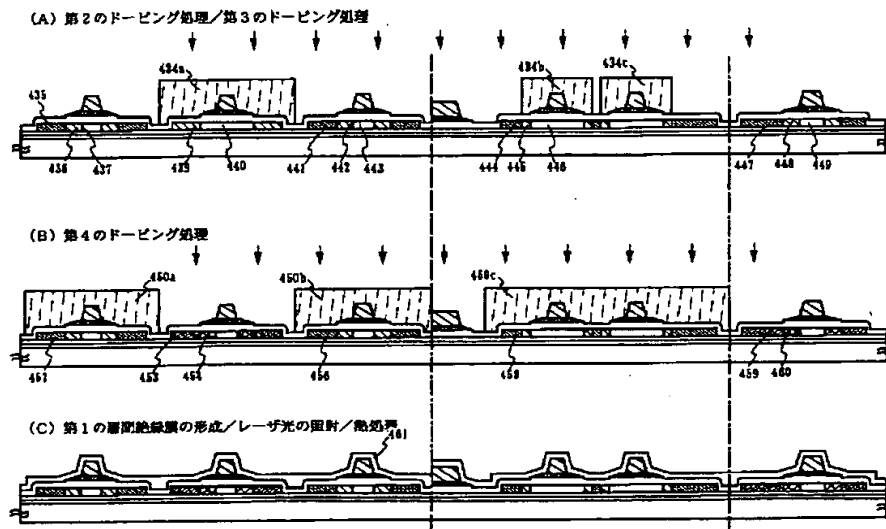




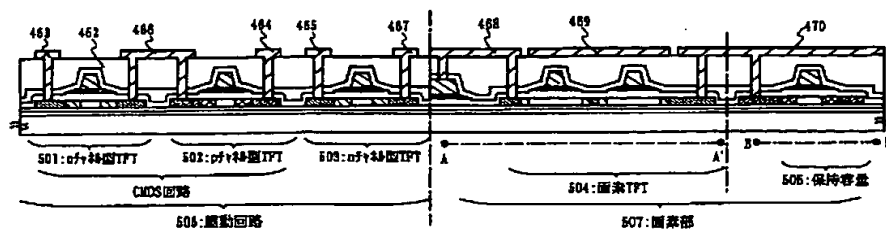
【図8】



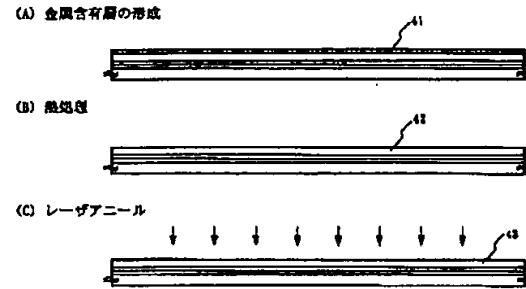
【図9】



【図10】

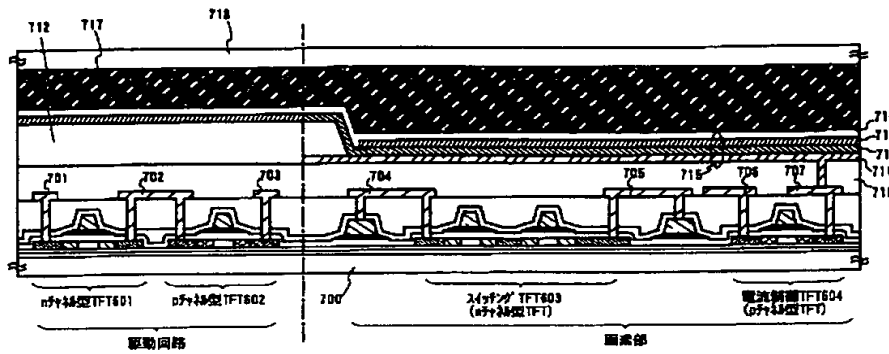


【圖 2 1】

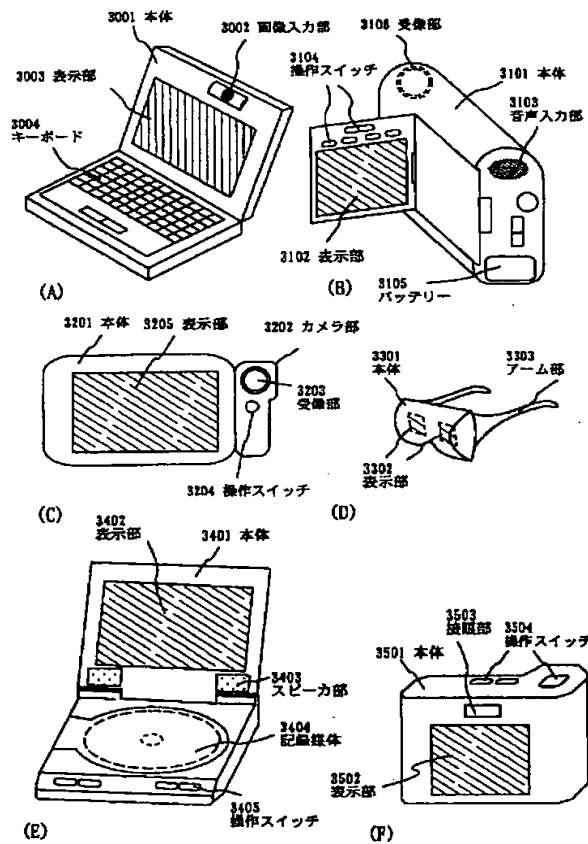
[illegible]

$L/W=1.25/8\mu m$   
部分空乏型(半導體膜厚150nm)

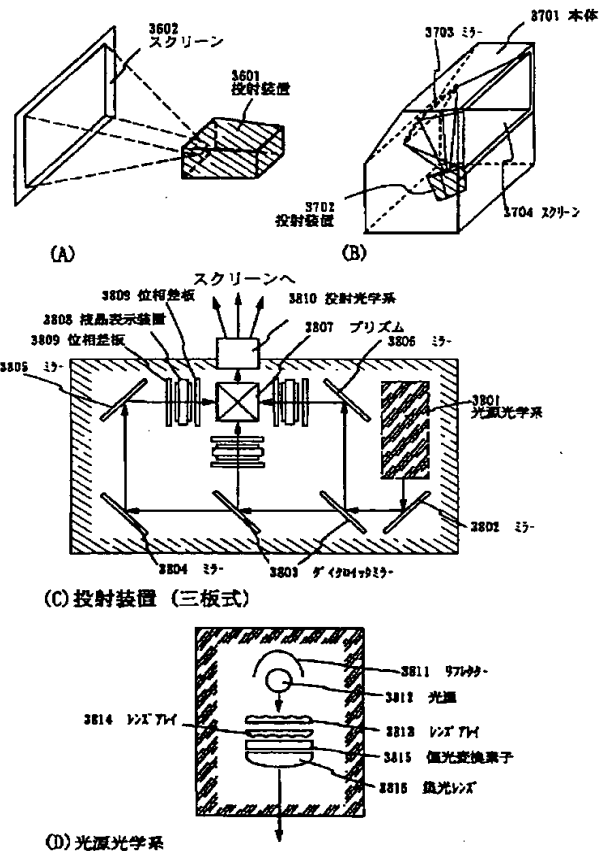
【図13】



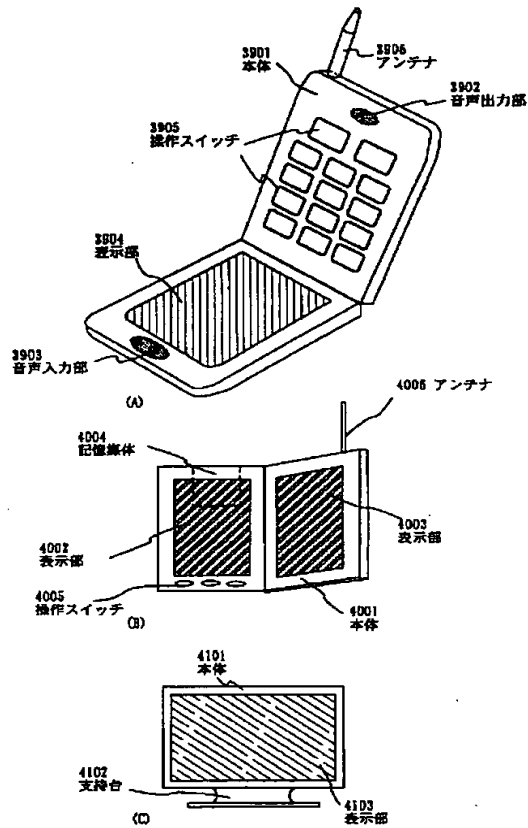
【図14】



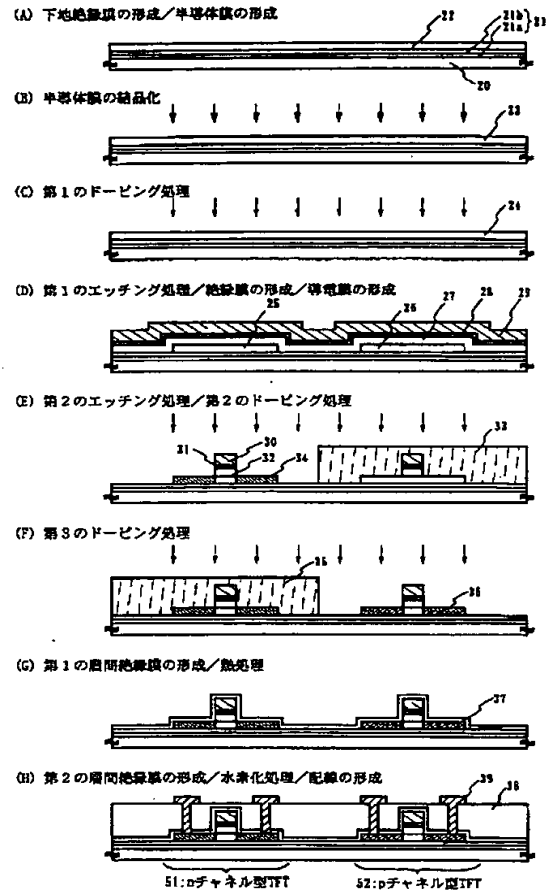
【図15】



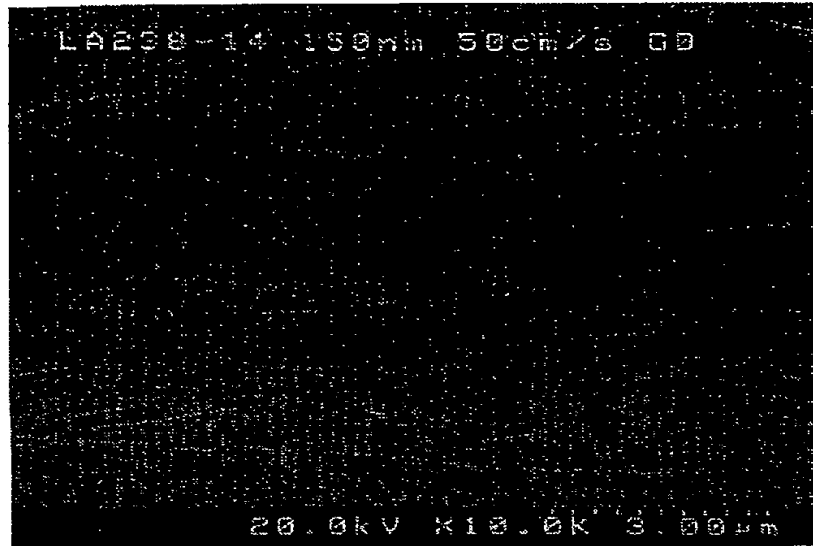
【図16】



【図19】

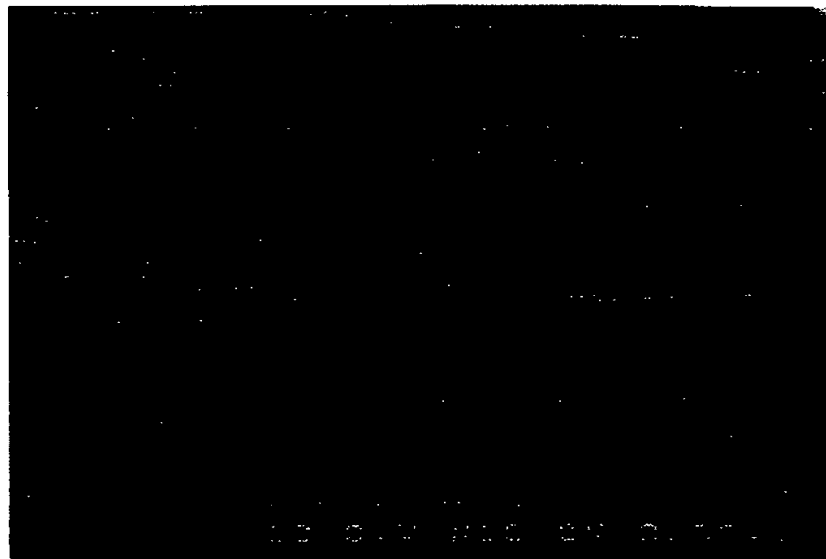


【図17】



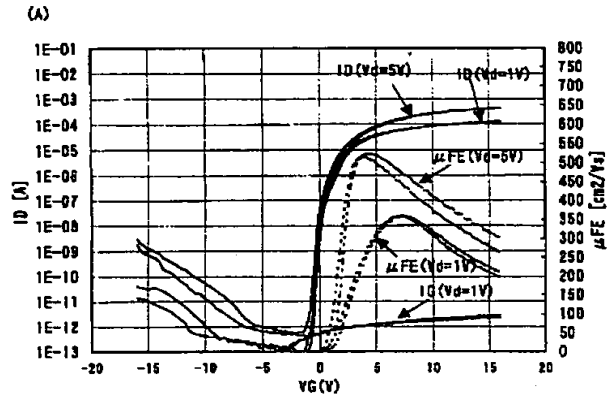
→  
レーザ光の相対的な走査方向

【図18】

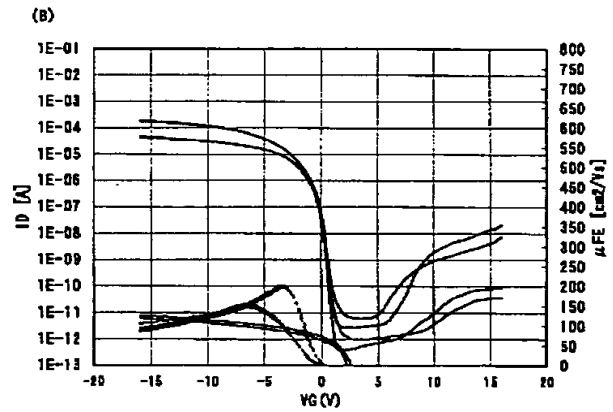
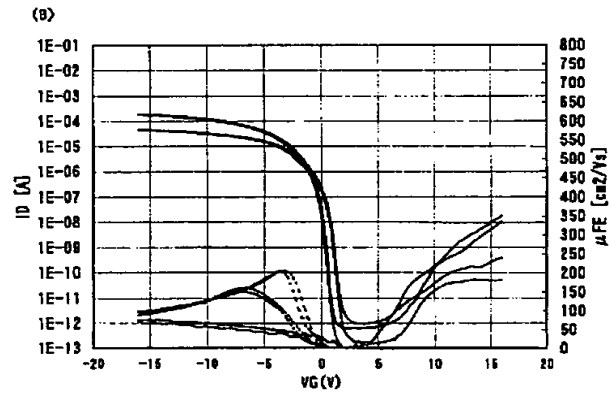
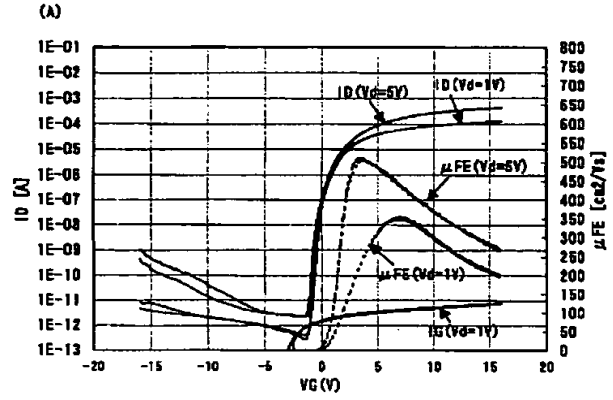


→  
レーザ光の相対的な走査方向

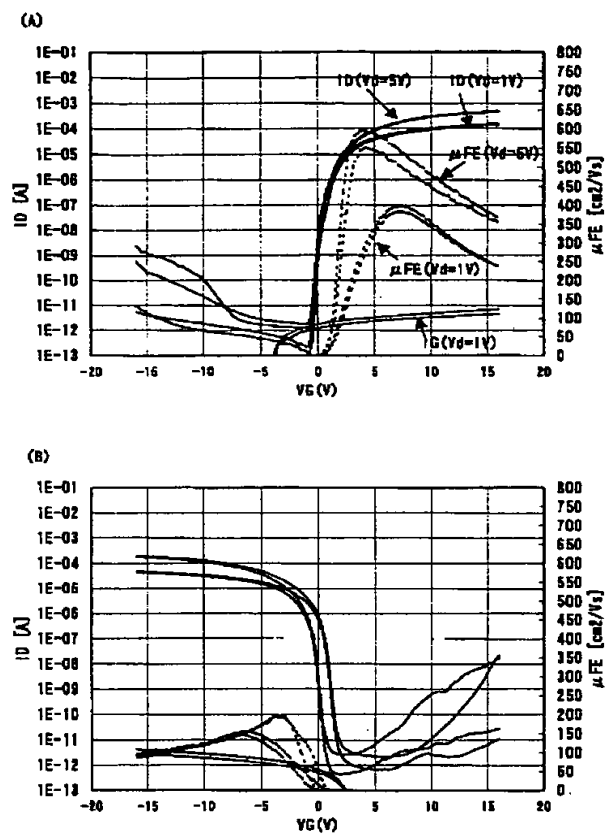
【図 20】



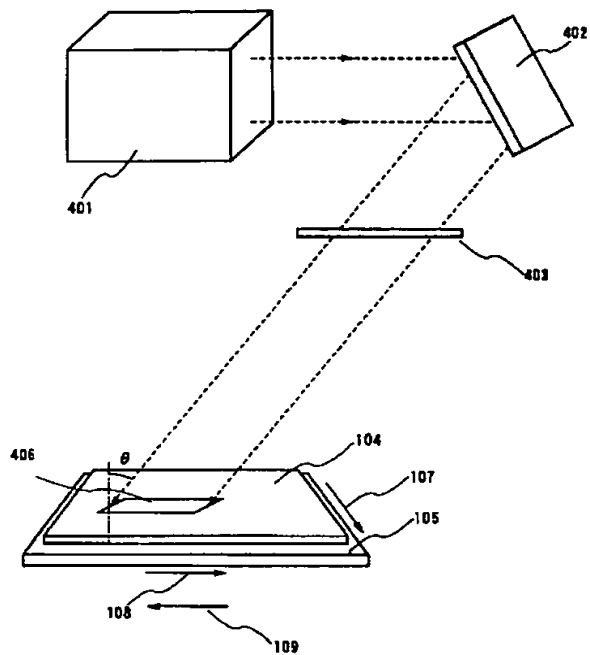
【図 22】



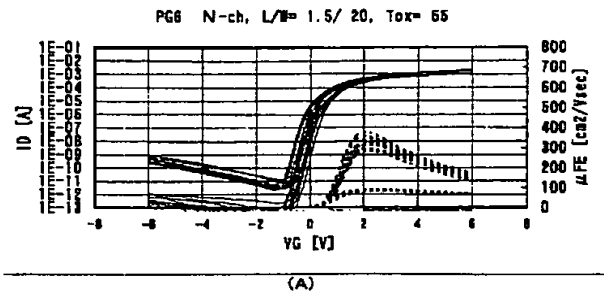
【図 23】



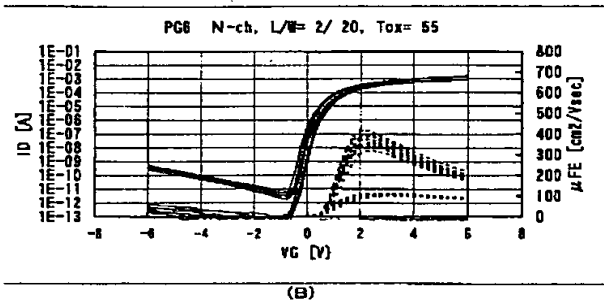
【図 24】



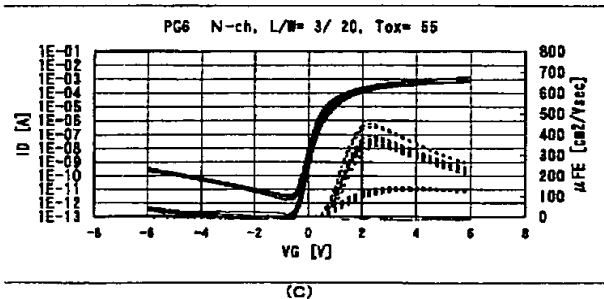
【図 25】



(A)

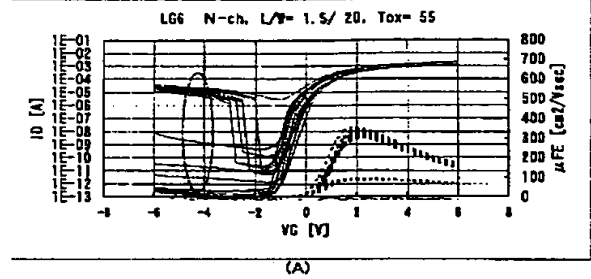


(B)

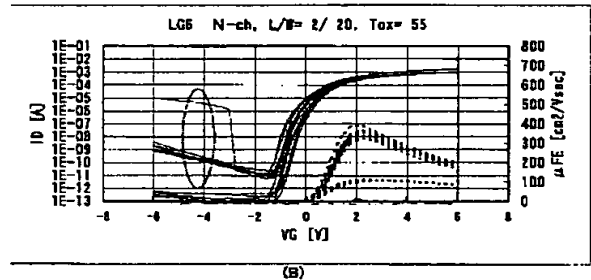


(C)

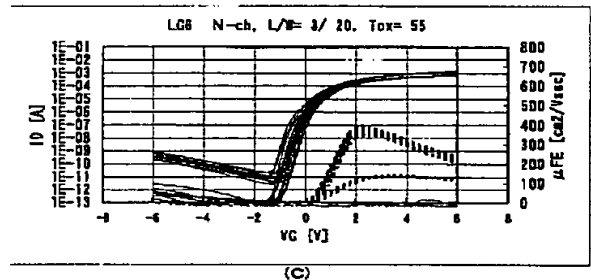
【図 26】



(A)



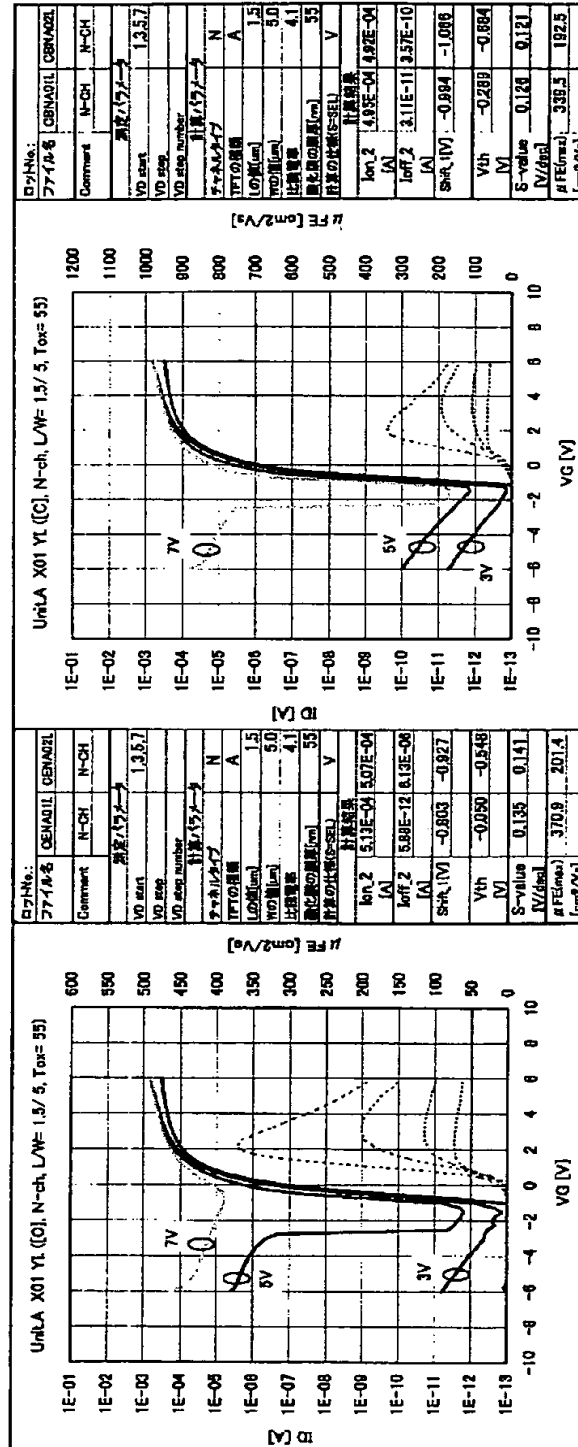
(B)



(C)



【図 27】



$L/W=1.25/5\mu m$   
完全空乏型(半導體膜厚66nm)

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

H 0 1 S 3/00

(72) 発明者 下村 明久  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
 導体エネルギー研究所内  
 (72) 発明者 磯部 敦生  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
 導体エネルギー研究所内

F ターム (参考) 5F052 AA02 AA17 AA24 BA02 BA07  
 BA11 BA14 BB01 BB02 BB03  
 BB04 BB05 BB06 BB07 DA02  
 DA03 DB02 DB03 DB07 EA12  
 FA06 FA19 JA01 JA04  
 5F072 AA02 AA03 AA05 AB01 AB05  
 AB20 KK30 MM08 MM09 YY08  
 5F110 AA30 BB02 BB04 CC02 DD01  
 DD02 DD03 DD05 DD13 DD14  
 DD15 DD17 EE01 EE02 EE03  
 EE04 EE06 EE09 EE14 EE23  
 EE28 EE44 EE45 FF04 FF28  
 FF30 FF36 GG01 GG02 GG13  
 GG24 GG25 GG32 GG43 GG45  
 GG47 HJ01 HJ04 HJ12 HJ13  
 HJ23 HL01 HL02 HL03 HL04  
 HL06 HL11 HM15 NN03 NN22  
 NN24 NN27 NN34 NN35 NN72  
 NN73 PP03 PP05 PP06 PP07  
 PP10 PP29 PP34 QQ11 QQ19  
 QQ23 QQ24 QQ25